

## **BAB VI**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

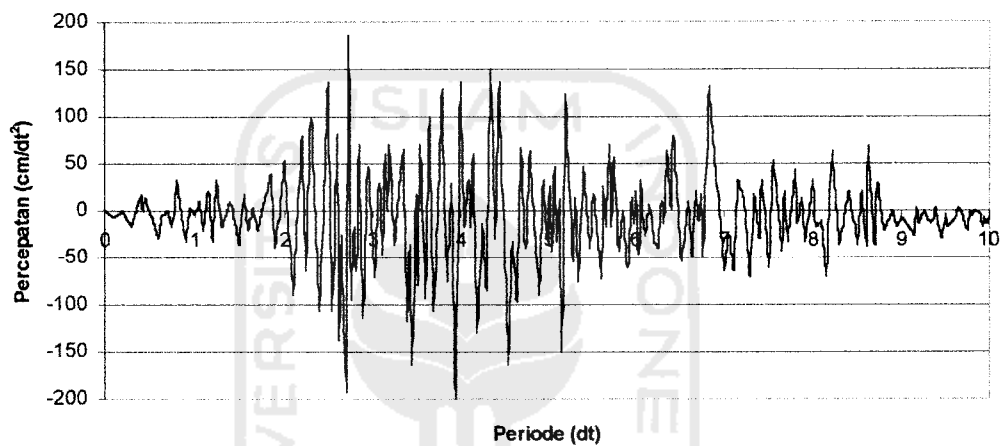
Pembahasan yang dilakukan dimulai dari pembahasan tentang normalisasi rekaman gempa, yang dibahas pada sub-bab 6.1., kemudian profil tanah dibahas satu persatu terlebih dahulu, yang terdapat pada sub-bab 6.2. untuk profil tanah Tawang Sari I, dan sub-bab 6.3. untuk profil tanah Tawang Sari II. Masing-masing tanah akan diteliti mengenai perubahan kandungan frekuensinya akibat perubahan massa yang membebani lapisan tanah tersebut.

Terjadinya amplifikasi atau deamplifikasi getaran akan dapat terlihat pada tiap-tiap lapisnya sehingga akan diteliti pula seberapa besar pengaruhnya antara kondisi tanah bebas (*free field*) dan kondisi tanah terbebani bangunan yang bervariasi, dan yang terpenting adalah membuktikan bahwa terdapat perbedaan yang jelas antara perhitungan non linier elastis dan linier elastis respon seismik lapisan tanah akibat gempa.

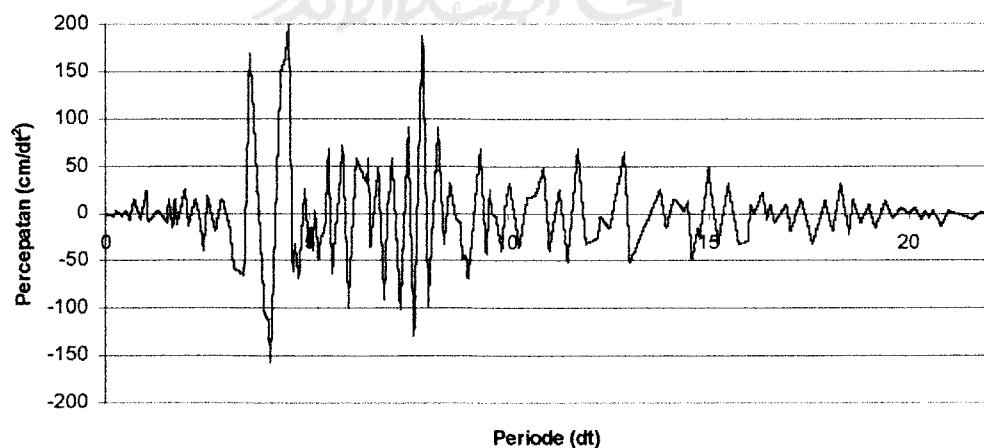
#### **6.1. Rekaman Percepatan Gempa**

Rekaman gempa yang dipergunakan di dalam penelitian ini adalah percepatan gempa Koyna, Kobe, El Centro, dan Bucharest yang telah dinormalisasi (*scale down*) terlebih dahulu sebelum di jadikan input beban percepatan gempa pada tanah dasar (*base rock*), sehingga akan memiliki nilai

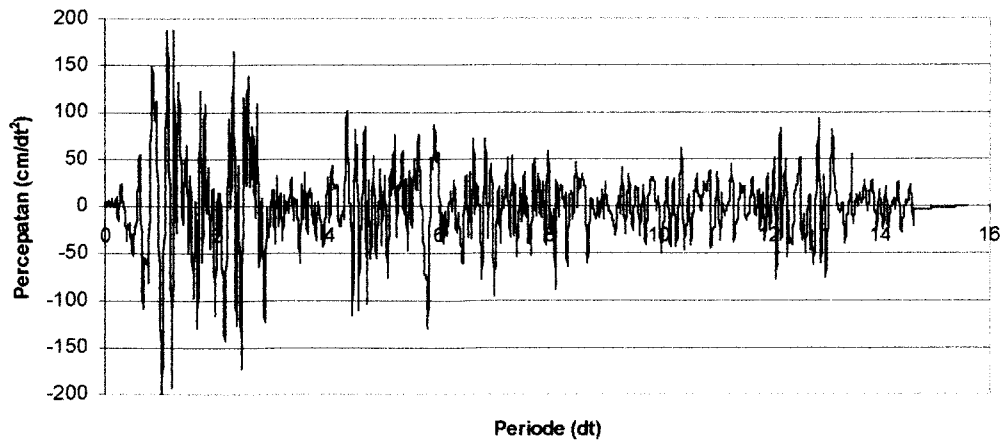
percepatan maksimum yang sama yaitu sebesar  $200 \text{ cm/dt}^2$ . Hal ini dimaksudkan karena data rekaman gempa tersebut merupakan rekaman dipermukaan, sehingga hasilnya dianggap sebagai rekaman di *base rock*. Hasil rekaman tersebut dapat dilihat pada Grafik 6.1 untuk gempa Koyna, Grafik 6.2 untuk gempa Kobe, Grafik 6.3 untuk gempa Elcentro, dan Grafik 6.4 untuk gempa Bucharest.



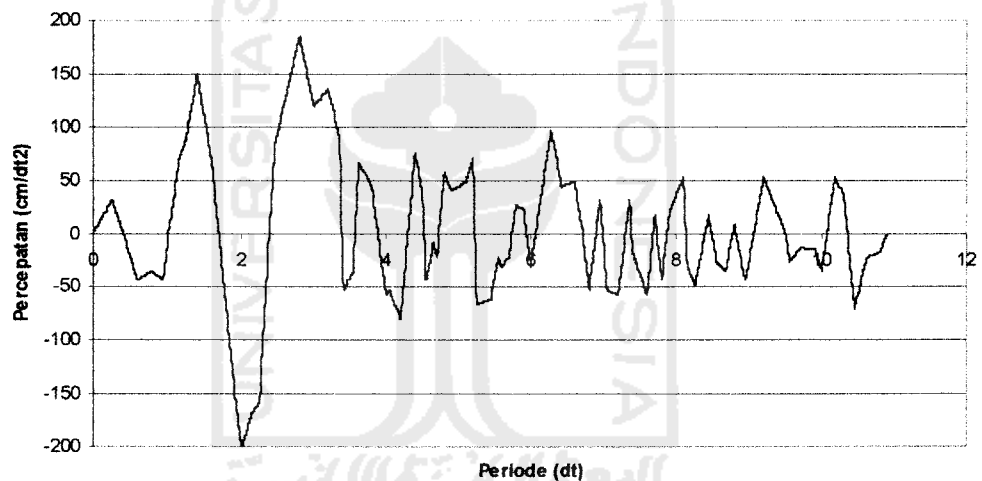
**Grafik 6.1.** Rekaman Gempa Koyna *Scale Down 0,365*



**Grafik 6.2.** Rekaman Gempa Kobe *Scale Down 0,332*



**Grafik 6.3.** Rekaman Gempa El Centro *Scale Down 0,64*



**Grafik 6.4.** Rekaman Gempa Bucharest *Scale Down 0,9*

## 6.2. Hasil Analisis Respon Seismik Untuk Data Tanah Tawang Sari Satu

Hasil analisis respon serta perbandingan yang berupa frekuensi, simpangan, kecepatan, percepatan, regangan, dan tegangan untuk data tanah Tawang Sari I untuk lapis teratas dengan beban gempa Elcentro, Koyna, Kobe, dan Bucharest pada kondisi tanah tanpa massa bangunan maupun dengan massa yang divariasikan 20000 ton, 40000 ton dan 60000 ton, untuk tanah linear elastis

maupun non linear elastis dapat dilihat pada table 6.1 sampai dengan table 6.24. Sedangkan grafik respon seismik maksimum yang berupa regangan, simpangan, kecepatan dan percepatan tiap lapis tanah serta grafik respon seismik lapisan tanah teratas selengkapnya dapat dilihat pada grafik 6.5 sampai grafik 6.78.

### **6.2.1 Tegangan Dan Regangan Untuk Tanah Tawangsari Satu**

Jika terjadi gempa maka kekakuan tanah akan berubah sehingga sifat tanahnya juga akan berubah, yang semula bersifat linear elastis (kekakuan dan massa tetap) maka akan berubah menjadi non linear elastis (kekakuan berubah-ubah dan massa tetap) bahkan bisa berubah menjadi non linear non elastis (kekakuan dan massa berubah-ubah).

Jika kekakuan tanah berubah maka respon seismiknya juga akan berubah dan jika dibandingkan antara respon seismik tanah pada kondisi linear elastis dengan kondisi non linear elastis akan menghasilkan selisih yang cukup besar, umumnya kondisi linear elastis respon seismiknya lebih besar dari respon non linear elastis.

Perbandingan regangan maksimum pada lapis teratas antara tanah pada kondisi linear elastis dan non linear elastis hasilnya dapat dilihat pada Tabel 6.13 dari data tersebut terlihat bahwa regangan yang terjadi pada kondisi linear elastis lebih besar dibanding pada kondisi non linear elastis baik keadaan tanpa massa maupun dengan massa. Sedangkan dari data Tabel 6.15 dapat juga disimpulkan bahwa dengan bertambahnya massa maka regangan yang terjadi akan semakin kecil baik pada kondisi linear elastis maupun kondisi non linear elastis hal ini

disebabkan dengan bertambahnya massa maka akan menambah tegangan vertikal sehingga modulus geser maksimum akan membesar, modulus geser besar berarti kekakuan akan membesar dan simpangan akan mengecil pada akhirnya regangan akan mengecil karena regangan merupakan fungsi dari simpangan seperti pada Persamaan 3.75.

Grafik regangan terhadap waktu akibat gempa Elcentro terlihat pada Grafik 6.5 sampai dengan Grafik 6.22 , akibat gempa Koyna pada Grafik 6.23 sampai dengan Grafik 6.40, akibat gempa Kobe pada Grafik 6.41 sampai dengan Grafik 6.58 sedangkan akibat gempa Bucharest pada grafik 6.59 sampai dengan Grafik 6.76. Dari semua grafik tersebut didapat regangan minimum dengan massa maupun tanpa massa sebesar 0,0048% ( $0,48 \cdot 10^{-5}$ ) untuk kondisi non linier elastis dan sebesar 0,0068% ( $0,68 \cdot 10^{-5}$ ) untuk kondisi linier elastis. Sedangkan regangan maksimum dengan massa maupun tanpa massa sebesar 0,027% ( $0,27 \cdot 10^{-4}$ ) untuk kondisi non linier elastis dan sebesar 0,013% ( $0,13 \cdot 10^{-3}$ ) untuk kondisi linier elastis. Berdasarkan gambar 3.12 (K.Ishihara, 1982) karena regangan yang terjadi  $< 10^{-3}$  maka regangannya termasuk regangan menengah (*medium strain*). Ketika kondisi tanah masuk pada daerah medium strain, maka penggunaan *Visco-elastic Model* dan *Equivalent Linear Method* dapat digunakan, yang berarti modulus geser dan damping rasio dapat ditentukan sebagai fungsi dari regangan geser.

Perbandingan tegangan maksimum pada lapis teratas antara tanah linear elastis dan non liner elastis hasilnya dapat dilihat pada Tabel 6.14, Tabel 6.16, dan Tabel 6.18. Dari Tabel tersebut terlihat bahwa hasil tegangan yang terjadi pada

divariasikan, tegangan tanah linear elastis lebih besar dari pada tegangan tanah non linear elastis.

### 6.2.2. Frekuensi Untuk Data Tanah Tawangsari Satu

Dari Tabel 6.4 terlihat bahwa tanah pada kondisi tanah linear elastis frekuensi yang terjadi cenderung lebih besar dari pada frekuensi pada tanah non linear elastis baik tanpa massa maupun dengan bertambahnya massa. Pada tabel yang sama apabila dibandingkan besarnya frekuensi antara tanah tanpa massa dengan tanah yang terdapat massanya maka akan didapatkan bahwa tanah tanpa massa frekuensinya akan lebih kecil dari pada tanah yang terdapat massa diatasnya, begitu juga dengan bertambahnya massa maka akan ada kecenderungan nilai kandungan frekuensinya membesar.

Terjadinya perubahan kandungan frekuensi diakibatkan adanya perubahan modulus geser dan juga adanya perubahan *initial eigen-value* ( $\lambda$ ), semakin besar modulus gesernya maka kekakuan tanahnya juga akan semakin besar. Pada tanah yang mempunyai massa tetap namun kekakuan tanah serta  $\lambda$ nya semakin besar maka frekuensinya akan semakin besar pula. Tetapi jika *initial eigen-value* ( $\lambda$ ) semakin kecil, massanya tetap dan kekakuannya semakin besar maka kandungan frekuensi yang didapat belum tentu besar namun dapat pula lebih kecil.

### **6.2.3. Hasil Simpangan Untuk Data Tanah Tawangsari Satu**

Hasil analisis simpangan maksimum serta perbandingan antara tanah linear elastis dengan non linear elastis pada kondisi tanpa massa maupun dengan massa yang divariasikan dapat dilihat pada Tabel 6.3. Dari Tabel tersebut terlihat bahwa kondisi tanah linear elastis untuk gempa dengan frekuensi tinggi simpangan maksimumnya lebih besar jika dibanding dengan kondisi non linear elastis, sedangkan untuk gempa dengan frekuensi rendah simpangan maksimum pada kondisi linear elastis lebih kecil dari pada kondisi non linear elastis.

Pada Tabel 6.7. adalah perbandingan simpangan maksimum antara tanah tanpa massa dengan tanah yang terdapat massa yang divariasikan, dari tabel tersebut terlihat bahwa kondisi tanah tanpa massa simpangan maksimumnya akan lebih besar dari pada tanah dengan kondisi terdapat massa di atasnya dan umumnya akan semakin kecil bila massa tanah diperbesar, baik pada kondisi linier elastis maupun dengan kondisi non linier elastis.

Selain itu pada Tabel 6.11. adalah perbandingan antara tanah pada kondisi linear elastis maupun non linear elastis dengan massa yang divariasikan, dari Tabel tersebut dapat disimpulkan dengan bertambahnya massa maka simpangan secara umum akan terus mengecil baik pada kondisi linear elastis maupun kondisi non linear elastis.

### **6.2.4. Hasil Kecepatan Untuk Data Tanah Tawangsari Satu**

Hasil analisis kecepatan maksimum serta perbandingan antara tanah linear elastis dengan non linear elastis pada kondisi tanpa massa maupun dengan massa

yang divariasikan dapat dilihat pada Tabel 6.2. Dari Tabel tersebut terlihat bahwa kondisi tanah linear elastis untuk gempa dengan frekuensi tinggi kecepatan maksimum umumnya lebih besar jika dibanding dengan kondisi non linear elastis dan gempa dengan frekuensi rendah kecepatan maksimum linear elastis lebih kecil jika dibanding dengan kondisi non linear elastis.

Pada Tabel 6.6. adalah perbandingan kecepatan maksimum antara tanah tanpa massa dengan tanah yang terdapat massa yang divariasikan, dari tabel tersebut terlihat bahwa kondisi linier elastis tanpa massa untuk gempa dengan frekuensi tinggi kecepatan maksimumnya akan lebih kecil dari pada tanah dengan kondisi terdapat massa di atasnya. Dan pada kondisi linier elastis tanpa massa untuk gempa dengan frekuensi rendah kecepatan maksimumnya akan lebih besar dari pada tanah dengan kondisi terdapat massa di atasnya.

Selain itu pada Tabel 6.10. adalah perbandingan antara massa tanah kecil dan dengan massa tanah besar pada kondisi linear elastis maupun non linear elastis, dari Tabel tersebut dapat disimpulkan dengan bertambahnya massa maka kecepatan secara umum akan terus mengecil baik pada kondisi linear elastis maupun kondisi non linear elastis.

#### **6.2.5. Hasil Percepatan Untuk Data Tanah Tawang Sari Satu**

Hasil analisis percepatan maksimum serta perbandingan antara tanah linear elastis dengan non linear elastis pada kondisi tanpa massa maupun dengan massa yang divariasikan dapat dilihat pada Tabel 6.1. Dari Tabel tersebut terlihat bahwa kondisi tanah linear elastis untuk gempa dengan frekuensi tinggi



percepatan maksimumnya lebih besar jika dibanding dengan kondisi non linear elastis dan gempa dengan frekuensi rendah percepatan maksimum linear elastis lebih kecil jika dibanding dengan kondisi non linear elastis.

Pada Tabel 6.5. adalah perbandingan percepatan maksimum antara tanah tanpa massa dengan tanah yang terdapat massa yang divariasikan, dari tabel tersebut terlihat bahwa kondisi tanah tanpa massa untuk semua gempa percepatan maksimumnya akan lebih kecil dari pada tanah dengan kondisi terdapat massa di atasnya.

Selain itu pada Tabel 6.9. adalah perbandingan antara massa tanah yang kecil dan dengan massa tanah yang lebih besar pada kondisi linear elastis maupun non linear elastis, dari Tabel tersebut dapat disimpulkan dengan bertambahnya massa maka percepatan akan terus membesar pada gempa dengan frekuensi tinggi baik pada kondisi linear elastis maupun kondisi non linear elastis dan percepatan akan mengecil pada gempa dengan frekuensi rendah baik pada kondisi linear elastis maupun kondisi non linear elastis.

**Tabel 6.1.** Perbandingan Percepatan Maksimum Antara Tanah Linear dan Nonlinear Elastis Pada Kondisi Tanpa Massa dan Dengan Massa Akibat Gempa Untuk Tanah Tawangsari I Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanpa Massa Bangunan			Massa Bangunan 20000 Ton		
		Linear Elastis (cm/dt <sup>2</sup> )	Non Linear Elastis (cm/dt <sup>2</sup> )	Selisih (%)	Linear Elastis (cm/dt <sup>2</sup> )	Non Linear Elastis (cm/dt <sup>2</sup> )	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	358.5224	309.6144	13.6416	446.8812	317.7923	28.8866
2. Koyna	200.0000	375.0799	321.4204	14.3062	285.0050	289.0619	-1.4235
3. Kobe	200.0000	670.4704	288.9172	56.9083	401.3452	311.1324	22.4776
4. Bucharest	200.0000	174.1491	249.5231	-43.2814	255.6466	259.4201	-1.4761
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Massa Bangunan 40000 Ton			Massa Bangunan 60000 Ton		
		Linear Elastis (cm/dt <sup>2</sup> )	Non Linear Elastis (cm/dt <sup>2</sup> )	Selisih (%)	Linear Elastis (cm/dt <sup>2</sup> )	Non Linear Elastis (cm/dt <sup>2</sup> )	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	499.9996	324.8668	35.0266	482.4625	376.5560	21.9512
2. Koyna	200.0000	381.6154	262.0415	31.3336	497.4796	310.7881	37.5275
3. Kobe	200.0000	490.9138	314.7110	35.8928	704.3302	375.0189	46.7552
4. Bucharest	200.0000	221.7936	290.5509	-31.0005	229.9105	158.3822	31.1114

**Tabel 6.2.** Perbandingan Kecepatan Maksimum Antara Tanah Linear dan Nonlinear Elastis Pada Kondisi Tanpa Massa dan Dengan Massa Akibat Gempa Untuk Tanah Tawangsari I Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanpa Massa Bangunan			Massa Bangunan 20000 Ton		
		Linear Elastis (cm/dt)	Non Linear Elastis (cm/dt)	Selisih (%)	Linear Elastis (cm/dt)	Non Linear Elastis (cm/dt)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	16.41992	16.87950	-2.79891	29.87104	17.88227	40.13509
2. Koyna	200.0000	22.69958	18.76972	17.31247	18.62400	16.72690	10.18628
3. Kobe	200.0000	74.71246	60.35291	19.21975	27.24199	59.13035	-117.05587
4. Bucharest	200.0000	33.26667	95.45904	-186.95099	20.16112	61.39941	-204.54364
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Massa Bangunan 40000 Ton			Massa Bangunan 60000 Ton		
		Linear Elastis (cm/dt)	Non Linear Elastis (cm/dt)	Selisih (%)	Linear Elastis (cm/dt)	Non Linear Elastis (cm/dt)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	29.09699	17.75179	38.99099	21.61471	20.99243	2.87898
2. Koyna	200.0000	16.61197	16.89378	-1.69644	24.73852	14.89437	39.79282
3. Kobe	200.0000	35.21552	51.12179	-45.16835	42.73216	43.98458	-2.93085
4. Bucharest	200.0000	16.64108	38.39388	-130.71752	17.71935	27.40240	-54.64673

**Tabel 6.3.** Perbandingan Simpangan Maksimum Antara Tanah Linear dan Nonlinear Elastis Pada Kondisi Tanpa Massa dan Dengan Massa Akibat Gempa Untuk Tanah Tawang Sari I Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanpa Massa Bangunan			Massa Bangunan 20000 Ton		
		Linear Elastis (cm)	Non Linear Elastis (cm)	Selisih (%)	Linear Elastis (cm)	Non Linear Elastis (cm)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	1.6002789	1.5259871	4.6424	2.1164206	1.2264626	42.0501
2. Koyna	200.0000	1.8404495	1.8333219	0.3873	1.4651994	1.3852818	5.4544
3. Kobe	200.0000	8.5814851	7.7445798	9.7525	2.7602646	8.477719	-207.1343
4. Bucharest	200.0000	6.1209216	31.572561	-415.8138	2.1274864	16.399561	-670.8421
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Massa Bangunan 40000 Ton			Massa Bangunan 60000 Ton		
		Linear Elastis (cm)	Non Linear Elastis (cm)	Selisih (%)	Linear Elastis (cm)	Non Linear Elastis (cm)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	2.0835471	1.2876075	38.2012	1.4428018	1.231268	14.6613
2. Koyna	200.0000	1.1623864	1.1152911	4.0516	1.5869306	1.074583	32.2854
3. Kobe	200.0000	1.9360695	7.864582	-306.2138	2.7249478	6.3410804	-132.7047
4. Bucharest	200.0000	1.6494211	6.8950893	-318.0309	1.3225632	3.3639891	-154.3537

**Tabel 6.4.** Perbandingan Frekuensi Maksimum Antara Tanah Linear dan Nonlinear Elastis Pada Kondisi Tanpa Massa dan Dengan Massa Akibat Gempa Untuk Tanah Tawang Sari I Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Tanpa Massa Bangunan			Massa Bangunan 20000 Ton		
		Linear Elastis (cps)	Non Linear Elastis (cps)	Selisih (%)	Linear Elastis (cps)	Non Linear Elastis (cps)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	2.2280	1.8717	15.9928	1.5266	1.8134	-18.7897
2. Koyna	200.0000	1.6861	1.7474	-3.6357	1.5615	1.7634	-12.9265
3. Kobe	200.0000	0.9157	0.4885	46.6556	1.5033	0.5369	64.2846
4. Bucharest	200.0000	0.5342	0.2667	50.0677	1.2939	0.4311	66.6793
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Massa Bangunan 40000 Ton			Massa Bangunan 60000 Ton		
		Linear Elastis (cps)	Non Linear Elastis (cps)	Selisih (%)	Linear Elastis (cps)	Non Linear Elastis (cps)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	1.7535	1.8674	-6.4981	2.2777	1.8304	19.6376
2. Koyna	200.0000	2.3441	1.5828	32.4791	2.0520	2.1292	-3.7626
3. Kobe	200.0000	1.4225	0.6282	55.8394	1.6819	0.8700	48.2713
4. Bucharest	200.0000	1.3600	0.7722	43.2204	1.3240	0.5898	55.4542

**Tabel 6.5.** Perbandingan Percepatan Maksimum Antara Tanah Tanpa Massa dan Dengan Massa Pada Kondisi Linear Dan Nonlinear Elastis Akibat Gempa Untuk Tanah Tawangsari I Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa Massa (cm/dt <sup>2</sup> )	Massa 20000 Ton (cm/dt <sup>2</sup> )	Selisih (%)	Tanpa Massa (cm/dt <sup>2</sup> )	Massa 20000 Ton (cm/dt <sup>2</sup> )	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	358.5224	446.8812	-24.6453	309.6144	317.7923	-2.6413
2. Koyna	200.0000	375.0799	285.0050	24.0149	321.4204	289.0619	10.0673
3. Kobe	200.0000	670.4704	401.3452	40.1398	288.9172	311.1324	-7.6891
4. Bucharest	200.0000	174.1491	255.6466	-46.7976	249.5231	259.4201	-3.9663
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa Massa (cm/dt <sup>2</sup> )	Massa 40000 Ton (cm/dt <sup>2</sup> )	Selisih (%)	Tanpa Massa (cm/dt <sup>2</sup> )	Massa 40000 Ton (cm/dt <sup>2</sup> )	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	358.5224	499.9996	-39.4612	309.6144	324.8668	-4.9263
2. Koyna	200.0000	375.0799	381.6154	-1.7424	321.4204	262.0415	18.4739
3. Kobe	200.0000	670.4704	490.9138	26.7807	288.9172	314.7110	-8.9277
4. Bucharest	200.0000	174.1491	221.7936	-27.3585	249.5231	290.5509	-16.4424
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa Massa (cm/dt <sup>2</sup> )	Massa 60000 Ton (cm/dt <sup>2</sup> )	Selisih (%)	Tanpa Massa (cm/dt <sup>2</sup> )	Massa 60000 Ton (cm/dt <sup>2</sup> )	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	358.5224	482.4625	-34.5697	309.6144	376.5560	-21.6210
2. Koyna	200.0000	375.0799	497.4796	-32.6330	321.4204	310.7881	3.3079
3. Kobe	200.0000	670.4704	704.3302	-5.0502	288.9172	375.0189	-29.8015
4. Bucharest	200.0000	174.1491	229.9105	-32.0194	249.5231	158.3822	36.5260

**Tabel 6.6.** Perbandingan Kecepatan Maksimum Antara Tanah Tanpa Massa dan Dengan Massa Pada Kondisi Linear Dan Nonlinear Elastis Akibat Gempa Untuk Tanah Tawangsari I Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa Massa (cm/dt)	Massa 20000 Ton (cm/dt)	Selisih (%)	Tanpa Massa (cm/dt)	Massa 20000 Ton (cm/dt)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	16.4199	29.8710	-81.9195	16.8795	17.8823	-5.9407
2. Koyna	200.0000	22.6996	18.6240	17.9545	18.7697	16.7269	10.8836
3. Kobe	200.0000	74.7125	27.2420	63.5376	60.3529	59.1303	2.0257
4. Bucharest	200.0000	33.2667	20.1611	39.3954	95.4590	61.3994	35.6798
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa Massa (cm/dt)	Massa 40000 Ton (cm/dt)	Selisih (%)	Tanpa Massa (cm/dt)	Massa 40000 Ton (cm/dt)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	16.4199	20.9924	-27.8473	16.8795	17.7518	-5.1677
2. Koyna	200.0000	22.6996	16.6120	26.8182	18.7697	16.8938	9.9945
3. Kobe	200.0000	74.7125	35.2155	52.8653	60.3529	51.1218	15.2952
4. Bucharest	200.0000	33.2667	16.6411	49.9767	95.4590	38.3939	59.7797
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa Massa (cm/dt)	Massa 60000 Ton (cm/dt)	Selisih (%)	Tanpa Massa (cm/dt)	Massa 60000 Ton (cm/dt)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	16.4199	21.6147	-31.6371	16.8795	20.9924	-24.3664
2. Koyna	200.0000	22.6996	24.7385	-8.9823	18.7697	14.8944	20.6469
3. Kobe	200.0000	74.7125	42.7322	42.8045	60.3529	43.9846	27.1210
4. Bucharest	200.0000	33.2667	17.7194	46.7354	95.4590	18.2276	80.9053

**Tabel 6.7.** Perbandingan Simpangan Maksimum Antara Tanah Tanpa Massa dan Dengan Massa Pada Kondisi Linear Dan Nonlinear Elastis Akibat Gempa Untuk Tanah Tawangsari I Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa Massa (cm)	Massa 20000 Ton (cm)	Selisih (%)	Tanpa Massa (cm)	Massa 20000 Ton (cm)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	1.6003	2.1164	-32.2532	1.5260	1.2265	19.6282
2. Koyna	200.0000	1.8404	1.4652	20.3890	1.8333	1.3853	24.4387
3. Kobe	200.0000	8.5815	2.7603	67.8347	7.7446	8.4777	-9.4665
4. Bucharest	200.0000	6.1209	2.1275	65.2424	31.5726	16.3996	48.0576
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa Massa (cm)	Massa 40000 Ton (cm)	Selisih (%)	Tanpa Massa (cm)	Massa 40000 Ton (cm)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	1.6003	2.0835	-30.1990	1.5260	1.2876	15.6213
2. Koyna	200.0000	1.8404	1.1624	36.8423	1.8333	1.1153	39.1656
3. Kobe	200.0000	8.5815	1.9361	77.4390	7.7446	7.8646	-1.5495
4. Bucharest	200.0000	6.1209	1.6494	73.0527	31.5726	6.8951	78.1611
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa Massa (cm)	Massa 60000 Ton (cm)	Selisih (%)	Tanpa Massa (cm)	Massa 60000 Ton (cm)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	1.6003	1.4428	9.8406	1.5260	1.2313	19.3133
2. Koyna	200.0000	1.8404	1.5869	13.7748	1.8333	1.0746	41.3860
3. Kobe	200.0000	8.5815	2.7249	68.2462	7.7446	6.3411	18.1223
4. Bucharest	200.0000	6.1209	1.3226	78.3927	31.5726	3.3640	89.3452

**Tabel 6.8.** Perbandingan Frekuensi Maksimum Antara Tanah Tanpa Massa dan Dengan Massa Pada Kondisi Linear Dan Nonlinear Elastis Akibat Gempa Untuk Tanah Tawangsari I Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa Massa (cps)	Massa 20000 Ton (cps)	Selisih (%)	Tanpa Massa (cps)	Massa 20000 Ton (cps)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	2.2280	1.5266	31.4833	1.8717	1.8134	3.1144
2. Koyna	200.0000	1.6861	1.5615	7.3866	1.7474	1.7634	-0.9159
3. Kobe	200.0000	0.9157	1.5033	-64.1695	0.4885	0.5369	-9.9157
4. Bucharest	200.0000	0.5342	1.2939	-142.2220	0.2667	0.4311	-61.6388
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa Massa (cps)	Massa 40000 Ton (cps)	Selisih (%)	Tanpa Massa (cps)	Massa 40000 Ton (cps)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	2.2280	2.4304	-9.0842	1.8717	1.8674	0.2296
2. Koyna	200.0000	1.6861	2.3441	-39.0269	1.7474	1.5828	9.4210
3. Kobe	200.0000	0.9157	1.4225	-55.3405	0.4885	0.6282	-28.5970
4. Bucharest	200.0000	0.5342	1.3600	-154.5985	0.2667	0.7722	-189.5118
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa Massa (cps)	Massa 60000 Ton (cps)	Selisih (%)	Tanpa Massa (cps)	Massa 60000 Ton (cps)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	2.2280	2.2777	-2.2278	1.8717	1.8304	2.2075
2. Koyna	200.0000	1.6861	2.0520	-21.7014	1.7474	2.1292	-21.8504
3. Kobe	200.0000	0.9157	1.6819	-83.6686	0.4885	0.8700	-78.1056
4. Bucharest	200.0000	0.5342	1.3240	-147.8559	0.2667	0.8866	-232.4170

**Tabel 6.9.** Perbandingan Percepatan Maksimum Antara Tanah dengan Massa yang di Variasikan Pada Kondisi Linear Dan Nonlinear Elastis Akibat Gempa Untuk Tanah Tawangsari I Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 20000 Ton (cm/dt <sup>2</sup> )	Massa 40000 Ton (cm/dt <sup>2</sup> )	Selisih (%)	Massa 20000 Ton (cm/dt <sup>2</sup> )	Massa 40000 Ton (cm/dt <sup>2</sup> )	Selisih (%)
		1. Elcentro	200.0000	446.8812	499.9996	-11.8865	317.7923
2. Koyna	200.0000	285.0050	381.6154	-33.8978	289.0619	262.0415	9.3476
3. Kobe	200.0000	401.3452	490.9138	-22.3171	311.1324	314.7110	-1.1502
4. Bucharest	200.0000	255.6466	221.7936	13.2421	259.4201	290.5509	-12.0001

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 20000 Ton (cm/dt <sup>2</sup> )	Massa 60000 Ton (cm/dt <sup>2</sup> )	Selisih (%)	Massa 20000 Ton (cm/dt <sup>2</sup> )	Massa 60000 Ton (cm/dt <sup>2</sup> )	Selisih (%)
		1. Elcentro	200.0000	446.8812	482.4625	-7.9621	317.7923
2. Koyna	200.0000	285.0050	497.4796	-74.5512	289.0619	310.7881	-7.5161
3. Kobe	200.0000	401.3452	704.3302	-75.4924	311.1324	375.0189	-20.5335
4. Bucharest	200.0000	255.6466	229.9105	10.0670	259.4201	158.3822	38.9476

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 40000 Ton (cm/dt <sup>2</sup> )	Massa 60000 Ton (cm/dt <sup>2</sup> )	Selisih (%)	Massa 40000 Ton (cm/dt <sup>2</sup> )	Massa 60000 Ton (cm/dt <sup>2</sup> )	Selisih (%)
		1. Elcentro	200.0000	499.9996	482.4625	3.5074	324.8668
2. Koyna	200.0000	381.6154	497.4796	-30.3615	262.0415	310.7881	-18.6026
3. Kobe	200.0000	490.9138	704.3302	-43.4733	314.7110	375.0189	-19.1629
4. Bucharest	200.0000	221.7936	229.9105	-3.6597	290.5509	158.3822	45.4890

**Tabel 6.10.** Perbandingan Kecepatan Maksimum Antara Tanah dengan Massa yang di Variasikan Pada Kondisi Linear Dan Nonlinear Elastis Akibat Gempa Untuk Tanah Tawangsari I Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 20000 Ton (cm/dt)	Massa 40000 Ton (cm/dt)	Selisih (%)	Massa 20000 Ton (cm/dt)	Massa 40000 Ton (cm/dt)	Selisih (%)
		1. Elcentro	200.0000	29.8710	20.9924	29.7231	17.8823
2. Koyna	200.0000	18.6240	16.6120	10.8034	16.7269	16.8938	-0.9977
3. Kobe	200.0000	27.2420	35.2155	-29.2692	59.1303	51.1218	13.5439
4. Bucharest	200.0000	20.1611	16.6411	17.4595	61.3994	38.3939	37.4686

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 20000 Ton (cm/dt)	Massa 60000 Ton (cm/dt)	Selisih (%)	Massa 20000 Ton (cm/dt)	Massa 60000 Ton (cm/dt)	Selisih (%)
		1. Elcentro	200.0000	29.8710	21.6147	27.6399	17.8823
2. Koyna	200.0000	18.6240	24.7385	-32.8314	16.7269	14.8944	10.9556
3. Kobe	200.0000	27.2420	42.7322	-56.8613	59.1303	43.9846	25.6142
4. Bucharest	200.0000	20.1611	17.7194	12.1113	61.3994	18.2276	70.3131

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 40000 Ton (cm/dt)	Massa 60000 Ton (cm/dt)	Selisih (%)	Massa 40000 Ton (cm/dt)	Massa 60000 Ton (cm/dt)	Selisih (%)
		1. Elcentro	200.0000	20.9924	21.6147	-2.9643	17.7518
2. Koyna	200.0000	16.6120	24.7385	-48.9199	16.8938	14.8944	11.8352
3. Kobe	200.0000	35.2155	42.7322	-21.3447	51.1218	43.9846	13.9612
4. Bucharest	200.0000	16.6411	17.7194	-6.4796	38.3939	18.2276	52.5247

**Tabel 6.11.** Perbandingan Simpangan Maksimum Antara Tanah dengan Massa yang di Variasikan Pada Kondisi Linear Dan Nonlinear Elastis Akibat Gempa Untuk Tanah Tawangsari I Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 20000 Ton (cm)	Massa 40000 Ton (cm)	Selisih (%)	Massa 20000 Ton (cm)	Massa 40000 Ton (cm)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	2.1164	2.0835	1.5533	1.2265	1.2876	-4.9855
2. Koyna	200.0000	1.4652	1.1624	20.6670	1.3853	1.1153	19.4899
3. Kobe	200.0000	2.7603	1.9361	29.8593	8.4777	7.8646	7.2323
4. Bucharest	200.0000	2.1275	1.6494	22.4709	16.3996	6.8951	57.9556
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 20000 Ton (cm)	Massa 60000 Ton (cm)	Selisih (%)	Massa 20000 Ton (cm)	Massa 60000 Ton (cm)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	2.1164	1.4428	31.8282	1.2265	1.2313	-0.3918
2. Koyna	200.0000	1.4652	1.5869	-8.3082	1.3853	1.0746	22.4286
3. Kobe	200.0000	2.7603	2.7249	1.2795	8.4777	6.3411	25.2030
4. Bucharest	200.0000	2.1275	1.3226	37.8345	16.3996	3.3640	79.4873
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 40000 Ton (cm)	Massa 60000 Ton (cm)	Selisih (%)	Massa 40000 Ton (cm)	Massa 60000 Ton (cm)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	2.0835	1.4428	30.7526	1.2876	1.2313	4.3755
2. Koyna	200.0000	1.1624	1.5869	-36.5235	1.1153	1.0746	3.6500
3. Kobe	200.0000	1.9361	2.7249	-40.7464	7.8646	6.3411	19.3717
4. Bucharest	200.0000	1.6494	1.3226	19.8165	6.8951	3.3640	51.2118

**Tabel 6.12.** Perbandingan Frekuensi Maksimum Antara Tanah dengan Massa yang di Variasikan Pada Kondisi Linear Dan Nonlinear Elastis Akibat Gempa Untuk Tanah Tawangsari I Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 20000 Ton (cps)	Massa 40000 Ton (cps)	Selisih (%)	Massa 20000 Ton (cps)	Massa 40000 Ton (cps)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	1.5266	2.4304	-59.2081	1.8134	1.8674	-2.9776
2. Koyna	200.0000	1.5615	2.3441	-50.1154	1.7634	1.5828	10.2431
3. Kobe	200.0000	1.5033	1.4225	5.3780	0.5369	0.6282	-16.9960
4. Bucharest	200.0000	1.2939	1.3600	-5.1096	0.4311	0.7722	-79.1104
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 20000 Ton (cps)	Massa 60000 Ton (cps)	Selisih (%)	Massa 20000 Ton (cps)	Massa 60000 Ton (cps)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	1.5266	2.2777	-49.2012	1.8134	1.8304	-0.9360
2. Koyna	200.0000	1.5615	2.0520	-31.4080	1.7634	2.1292	-20.7444
3. Kobe	200.0000	1.5033	1.6819	-11.8774	0.5369	0.8700	-62.0384
4. Bucharest	200.0000	1.2939	1.3240	-2.3259	0.4311	0.8866	-105.6542
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 40000 Ton (cps)	Massa 60000 Ton (cps)	Selisih (%)	Massa 40000 Ton (cps)	Massa 60000 Ton (cps)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	2.4304	2.2777	6.2854	1.8674	1.8304	1.9825
2. Koyna	200.0000	2.3441	2.0520	12.4620	1.5828	2.1292	-34.5238
3. Kobe	200.0000	1.4225	1.6819	-18.2362	0.6282	0.8700	-38.4991
4. Bucharest	200.0000	1.3600	1.3240	2.6483	0.7722	0.8866	-14.8198

**Tabel 6.13.** Perbandingan Regangan Maksimum Antara Tanah Linear dan Nonlinear Elastis Pada Kondisi Tanpa Massa dan Dengan Massa Akibat Gempa Untuk Tanah Tawangsari I Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Tanpa Massa Bangunan			Massa Bangunan 20000 Ton		
		Linear Elastis	Non Linear Elastis	Selisih (%)	Linear Elastis	Non Linear Elastis	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	0.000134	0.000156	-16.150068	0.000158	0.000069	56.133159
2. Koyna	200.0000	0.000169	0.000083	50.727056	0.000106	0.000057	46.141900
3. Kobe	200.0000	0.000420	0.000079	81.241168	0.000161	0.000073	54.704293
4. Bucharest	200.0000	0.000205	0.000092	55.258311	0.000097	0.000072	25.062821
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Massa Bangunan 40000 Ton			Massa Bangunan 60000 Ton		
		Linear Elastis	Non Linear Elastis	Selisih (%)	Linear Elastis	Non Linear Elastis	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	0.000133	0.000050	62.388908	0.000088	0.000049	44.368583
2. Koyna	200.0000	0.000076	0.000048	37.651523	0.000097	0.000042	56.622172
3. Kobe	200.0000	0.000114	0.000066	41.849213	0.000160	0.000060	62.537301
4. Bucharest	200.0000	0.000074	0.000059	19.307024	0.000068	0.000050	25.471554

**Tabel 6.14.** Perbandingan Tegangan Maksimum Antara Tanah Linear dan Nonlinear Elastis Pada Kondisi Tanpa Massa dan Dengan Massa Akibat Gempa Untuk Tanah Tawangsari I Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanpa Massa Bangunan			Massa Bangunan 20000 Ton		
		Linear Elastis (kg/cm <sup>2</sup> )	Non Linear Elastis (kg/cm <sup>2</sup> )	Selisih (%)	Linear Elastis (kg/cm <sup>2</sup> )	Non Linear Elastis (kg/cm <sup>2</sup> )	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	5.8419231	6.0346321	-3.2987	13.341849	5.6285719	57.8127
2. Koyna	200.0000	7.378586	3.4334551	53.4673	8.9551721	4.6766031	47.7776
3. Kobe	200.0000	18.228878	3.2562761	82.1367	13.526213	5.9113036	56.2974
4. Bucharest	200.0000	8.717041	3.7457058	57.0301	8.0556117	5.8773562	27.0402
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Massa Bangunan 40000 Ton			Massa Bangunan 60000 Ton		
		Linear Elastis (kg/cm <sup>2</sup> )	Non Linear Elastis (kg/cm <sup>2</sup> )	Selisih (%)	Linear Elastis (kg/cm <sup>2</sup> )	Non Linear Elastis (kg/cm <sup>2</sup> )	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	15.306905	5.5976104	63.4308	12.203092	6.607386	45.8548
2. Koyna	200.0000	8.7646375	5.3283782	39.2059	13.441675	5.6995946	57.5976
3. Kobe	200.0000	13.074281	7.3391733	43.8656	22.106354	8.0219881	63.7118
4. Bucharest	200.0000	8.3490127	6.5845859	21.1334	9.3186083	6.7884908	27.1512



**Tabel 6.15.** Perbandingan Regangan Maksimum Antara Tanah Tanpa Massa dan Dengan Massa Pada Kondisi Linear Dan Nonlinear Elastis Akibat Gempa Untuk Tanah Tawangsari I Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa Massa	Massa 20000 Ton	Selisih (%)	Tanpa Massa (cm)	Massa 20000 Ton (cm)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	0.0001343	0.0001579	-17.5979	0.0001560	0.0000693	55.5864
2. Koyna	200.0000	0.0001694	0.0001060	37.4698	0.0000835	0.0000571	31.6510
3. Kobe	200.0000	0.0004204	0.0001610	61.7014	0.0000789	0.0000729	7.5228
4. Bucharest	200.0000	0.0002051	0.0000967	52.8277	0.0000917	0.0000725	20.9919
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa Massa	Massa 40000 Ton	Selisih (%)	Tanpa Massa (cm)	Massa 40000 Ton (cm)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	0.0001343	0.0001332	0.7634	0.0001560	0.0000501	67.8657
2. Koyna	200.0000	0.0001694	0.0000764	54.9266	0.0000835	0.0000476	42.9655
3. Kobe	200.0000	0.0004204	0.0001143	72.8095	0.0000789	0.0000665	15.7118
4. Bucharest	200.0000	0.0002051	0.0000735	64.1374	0.0000917	0.0000593	35.3207
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa Massa	Massa 60000 Ton	Selisih (%)	Tanpa Massa (cm)	Massa 60000 Ton (cm)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	0.0001343	0.0000880	34.4288	0.0001560	0.0000490	68.5939
2. Koyna	200.0000	0.0001694	0.0000969	42.8101	0.0000835	0.0000420	49.6524
3. Kobe	200.0000	0.0004204	0.0001600	61.9449	0.0000789	0.0000599	24.0013
4. Bucharest	200.0000	0.0002051	0.0000676	67.0386	0.0000917	0.0000504	45.0946

**Tabel 6.16.** Perbandingan Tegangan Maksimum Antara Tanah Tanpa Massa dan Dengan Massa Pada Kondisi Linear Dan Nonlinear Elastis Akibat Gempa Untuk Tanah Tawangsari I Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa Massa (kg/cm <sup>2</sup> )	Massa 20000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	Selisih (%)	Tanpa Massa (kg/cm <sup>2</sup> )	Massa 20000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	5.8419	13.3418	-128.3811	6.0346	5.6286	6.7288
2. Koyna	200.0000	7.3786	8.9552	-21.3670	3.4335	4.6766	-36.2069
3. Kobe	200.0000	18.2289	13.5262	25.7979	3.2563	5.9113	-81.5357
4. Bucharest	200.0000	8.7170	8.0556	7.5878	3.7457	5.8774	-56.9092
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa Massa (kg/cm <sup>2</sup> )	Massa 40000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	Selisih (%)	Tanpa Massa (kg/cm <sup>2</sup> )	Massa 40000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	5.8419	15.3069	-162.0183	6.0346	5.5976	7.2419
2. Koyna	200.0000	7.3786	8.7646	-18.7848	3.4335	5.3284	-55.1900
3. Kobe	200.0000	18.2289	13.0743	28.2771	3.2563	7.3392	-125.3855
4. Bucharest	200.0000	8.7170	8.3490	4.2219	3.7457	6.5846	-75.7903
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa Massa (kg/cm <sup>2</sup> )	Massa 60000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	Selisih (%)	Tanpa Massa (kg/cm <sup>2</sup> )	Massa 60000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	5.8419	12.2031	-108.8883	6.0346	6.6074	-9.4911
2. Koyna	200.0000	7.3786	13.4417	-82.1714	3.4335	5.6996	-66.0017
3. Kobe	200.0000	18.2289	22.1064	-21.2711	3.2563	8.0220	-146.3547
4. Bucharest	200.0000	8.7170	9.3186	-6.9010	3.7457	6.7885	-81.2340

**Tabel 6.17.** Perbandingan Regangan Maksimum Antara Tanah dengan Massa yang di Variasikan Pada Kondisi Linear Dan Nonlinear Elastis Akibat Gempa Untuk Tanah Tawangsari I Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 20000 Ton	Massa 40000 Ton	Selisih (%)	Massa 20000 Ton	Massa 40000 Ton	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	0.0001579	0.0001332	15.6136	0.0000693	0.0000501	27.6478
2. Koyna	200.0000	0.0001060	0.0000764	27.9174	0.0000571	0.0000476	16.5541
3. Kobe	200.0000	0.0001610	0.0001143	29.0040	0.0000729	0.0000665	8.8551
4. Bucharest	200.0000	0.0000967	0.0000735	23.9753	0.0000725	0.0000593	18.1359
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 20000 Ton	Massa 60000 Ton	Selisih (%)	Massa 20000 Ton	Massa 60000 Ton	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	0.0001579	0.0000880	44.2412	0.0000693	0.0000490	29.2873
2. Koyna	200.0000	0.0001060	0.0000969	8.5404	0.0000571	0.0000420	26.3376
3. Kobe	200.0000	0.0001610	0.0001600	0.6359	0.0000729	0.0000599	17.8189
4. Bucharest	200.0000	0.0000967	0.0000676	30.1255	0.0000725	0.0000504	30.5066
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 40000 Ton	Massa 60000 Ton	Selisih (%)	Massa 40000 Ton	Massa 60000 Ton	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	0.0001332	0.0000880	33.9243	0.0000501	0.0000490	2.2660
2. Koyna	200.0000	0.0000764	0.0000969	-26.8817	0.0000476	0.0000420	11.7243
3. Kobe	200.0000	0.0001143	0.0001600	-39.9575	0.0000665	0.0000599	9.8347
4. Bucharest	200.0000	0.0000735	0.0000676	8.0898	0.0000593	0.0000504	15.1113

**Tabel 6.18.** Perbandingan Tegangan Maksimum Antara Tanah dengan Massa yang di Variasikan Pada Kondisi Linear Dan Nonlinear Elastis Akibat Gempa Untuk Tanah Tawangsari I Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 20000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	Massa 40000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	Selisih (%)	Massa 20000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	Massa 40000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	13.3418	15.3069	-14.7285	5.6286	5.5976	0.5501
2. Koyna	200.0000	8.9552	8.7646	2.1276	4.6766	5.3284	-13.9369
3. Kobe	200.0000	13.5262	13.0743	3.3412	5.9113	7.3392	-24.1549
4. Bucharest	200.0000	8.0556	8.3490	-3.6422	5.8774	6.5846	-12.0331
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 20000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	Massa 60000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	Selisih (%)	Massa 20000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	Massa 60000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	13.3418	12.2031	8.5352	5.6286	6.6074	-17.3901
2. Koyna	200.0000	8.9552	13.4417	-50.0996	4.6766	5.6996	-21.8747
3. Kobe	200.0000	13.5262	22.1064	-63.4334	5.9113	8.0220	-35.7059
4. Bucharest	200.0000	8.0556	9.3186	-15.6785	5.8774	6.7885	-15.5025
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 40000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	Massa 60000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	Selisih (%)	Massa 40000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	Massa 60000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	15.3069	12.2031	20.2772	5.5976	6.6074	-18.0394
2. Koyna	200.0000	8.7646	13.4417	-53.3626	5.3284	5.6996	-6.9668
3. Kobe	200.0000	13.0743	22.1064	-69.0827	7.3392	8.0220	-9.3037
4. Bucharest	200.0000	8.3490	9.3186	-11.6133	6.5846	6.7885	-3.0967

**Tabel 6.19.** Besarnya Amplifikasi Untuk Data Tanah Tawang Sari I Kondisi Linear Elastis dan Nonlinear Elastis Tanpa Massa Maupun dengan Massa Yang di Variasi

Gempa	Kondisi	Percepatan (cm/dt <sup>2</sup> )	Amplifikasi Percepatan (%)	Kecepatan (cm/dt)	Simpangan (cm)
Elcentro	Linear elastis tanpa massa	358.5224	79.2612	16.4199	1.6003
	Non linear elastis tanpa massa	309.6144	54.8072	16.8795	1.5260
	Linear elastis massa 20000 Ton	446.8812	123.4406	29.8710	2.1164
	Non linear elastis massa 20000 Ton	317.7923	58.8961	17.8823	1.2265
	Linear elastis massa 40000 Ton	499.9996	149.9998	20.9924	2.0835
	Non linear elastis massa 40000 Ton	324.8668	62.4334	17.7518	1.2876
	Linear elastis massa 60000 Ton	482.4625	141.2312	21.6147	1.4428
	Non linear elastis massa 60000 Ton	376.5560	88.2780	20.9924	1.2313
Koyna	Linear elastis tanpa massa	375.0799	87.5399	22.6996	1.8404
	Non linear elastis tanpa massa	321.4204	60.7102	18.7697	1.8333
	Linear elastis massa 20000 Ton	285.0050	42.5025	18.6240	1.4652
	Non linear elastis massa 20000 Ton	289.0619	44.5310	16.7269	1.3853
	Linear elastis massa 40000 Ton	381.6154	90.8077	16.6120	1.1624
	Non linear elastis massa 40000 Ton	262.0415	31.0207	16.8938	1.1153
	Linear elastis massa 60000 Ton	497.4796	148.7398	24.7385	1.5869
	Non linear elastis massa 60000 Ton	310.7881	55.3940	14.8944	1.0746
Kobe	Linear elastis tanpa massa	670.4704	235.2352	74.7125	8.5815
	Non linear elastis tanpa massa	288.9172	44.4586	60.3529	7.7446
	Linear elastis massa 20000 Ton	401.3452	100.6726	27.2420	2.7603
	Non linear elastis massa 20000 Ton	311.1324	55.5662	59.1303	8.4777
	Linear elastis massa 40000 Ton	490.9138	145.4569	35.2155	1.9361
	Non linear elastis massa 40000 Ton	314.7110	57.3555	51.1218	7.8646
	Linear elastis massa 60000 Ton	704.3302	252.1651	42.7322	2.7249
	Non linear elastis massa 60000 Ton	375.0189	87.5094	43.9846	6.3411
Bucharest	Linear elastis tanpa massa	174.1491	-12.9255	33.2667	6.1209
	Non linear elastis tanpa massa	249.5231	24.7616	95.4590	31.5726
	Linear elastis massa 20000 Ton	255.6466	27.8233	20.1611	2.1275
	Non linear elastis massa 20000 Ton	259.4201	29.7100	61.3994	16.3996
	Linear elastis massa 40000 Ton	221.7936	10.8968	16.6411	1.6494
	Non linear elastis massa 40000 Ton	290.5509	45.2754	38.3939	6.8951
	Linear elastis massa 60000 Ton	229.9105	14.9553	17.7194	1.3226
	Non linear elastis massa 60000 Ton	158.3822	-20.8089	18.2276	3.3640

**Tabel 6.20.** Besarnya Amplifikasi Untuk Data Tanah Tawang Sari I Kondisi Linear Elastis dan Kondisi Nonlinear Elastis Tanpa Massa Maupun dengan Massa Yang di Variasi

Gempa	Kondisi	Percepatan (cm/dt <sup>2</sup> )	Amplifikasi Percepatan (%)	Kecepatan (cm/dt)	Simpangan (cm)
Elcentro	Linear elastis tanpa massa	358.5224	79.2612	16.4199	1.6003
Koyna		375.0799	87.5399	22.6996	1.8404
Kobe		670.4704	235.2352	74.7125	8.5815
Bucharest		174.1491	-12.9255	33.2667	6.1209
Elcentro	Non linear elastis tanpa massa	309.6144	54.8072	16.8795	1.5260
Koyna		321.4204	60.7102	18.7697	1.8333
Kobe		288.9172	44.4586	60.3529	7.7446
Bucharest		249.5231	24.7616	95.4590	31.5726
Elcentro	Linear elastis massa 20.000 Ton	446.8812	123.4406	29.8710	2.1164
Koyna		285.0050	42.5025	18.6240	1.4652
Kobe		401.3452	100.6726	27.2420	2.7603
Bucharest		255.6466	27.8233	20.1611	2.1275
Elcentro	Non linear elastis massa 20.000 Ton	317.7923	58.8961	17.8823	1.2265
Koyna		289.0619	44.5310	16.7269	1.3853
Kobe		311.1324	55.5662	59.1303	8.4777
Bucharest		259.4201	29.7100	61.3994	16.3996
Elcentro	Linear elastis massa 40.000 Ton	499.9996	149.9998	20.9924	2.0835
Koyna		381.6154	90.8077	16.6120	1.1624
Kobe		490.9138	145.4569	35.2155	1.9361
Bucharest		221.7936	10.8968	16.6411	1.6494
Elcentro	Non linear elastis massa 40.000 Ton	324.8668	62.4334	17.7518	1.2876
Koyna		262.0415	90.8077	16.8938	1.1153
Kobe		314.7110	57.3555	51.1218	7.8646
Bucharest		290.5509	45.2754	38.3939	6.8951
Elcentro	Linear elastis massa 60.000 Ton	482.4625	141.2312	21.6147	1.4428
Koyna		497.4796	148.7398	24.7385	1.5869
Kobe		704.3302	252.1651	42.7322	2.7249
Bucharest		229.9105	14.9553	17.7194	1.3226
Elcentro	Non linear elastis massa 60.000 Ton	376.5560	88.2780	20.9924	1.2313
Koyna		310.7881	55.3940	14.8944	1.0746
Kobe		375.0189	87.5094	43.9846	6.3411
Bucharest		158.3822	-20.8089	18.2276	3.3640

**Tabel 6.21. Respon Seismik Pada Kondisi Linear Elastis dan Nonlinear Elastis Akibat Gempa *Elcentro* Untuk Data Tanah Tawang Sari**

Kondisi	Percepatan (cm/dt <sup>2</sup> )	Kecepatan (cm/dt)	Simpangan (cm)	Regangan	Tegangan (kg/cm <sup>2</sup> )
Linear Elastis Tanpa Massa	358.5224150	16.4199242	1.6002789	0.0001343	5.8419231
Non Linear Elastis Dengan Massa	309.6143946	16.8795033	1.5259871	0.0001560	6.0346321
Linear Elastis Dengan Massa 20.000 Ton	446.8811655	29.8710365	2.1164206	0.0001579	13.3418495
Non Linear Elastis Dengan Massa 20.000 Ton	317.7922788	17.8822703	1.2264626	0.0000693	5.6285719
Linear Elastis Dengan Massa 40.000 Ton	499.9995779	29.0969904	2.0835471	0.0001332	15.3069051
Non Linear Elastis Dengan Massa 40.000 Ton	324.8667908	17.7517852	1.2876075	0.0000501	5.5976104
Linear Elastis Dengan Massa 60.000 Ton	482.4624801	21.6147092	1.4428018	0.0000880	12.2030923
Non Linear Elastis Dengan Massa 60.000 Ton	376.5559947	20.9924255	1.2312680	0.0000490	6.6073860

**Tabel 6.22. Respon Seismik Pada Kondisi Linear Elastis dan Nonlinear Elastis Akibat Gempa *Koyna* Untuk Data Tanah Tawang Sari I**

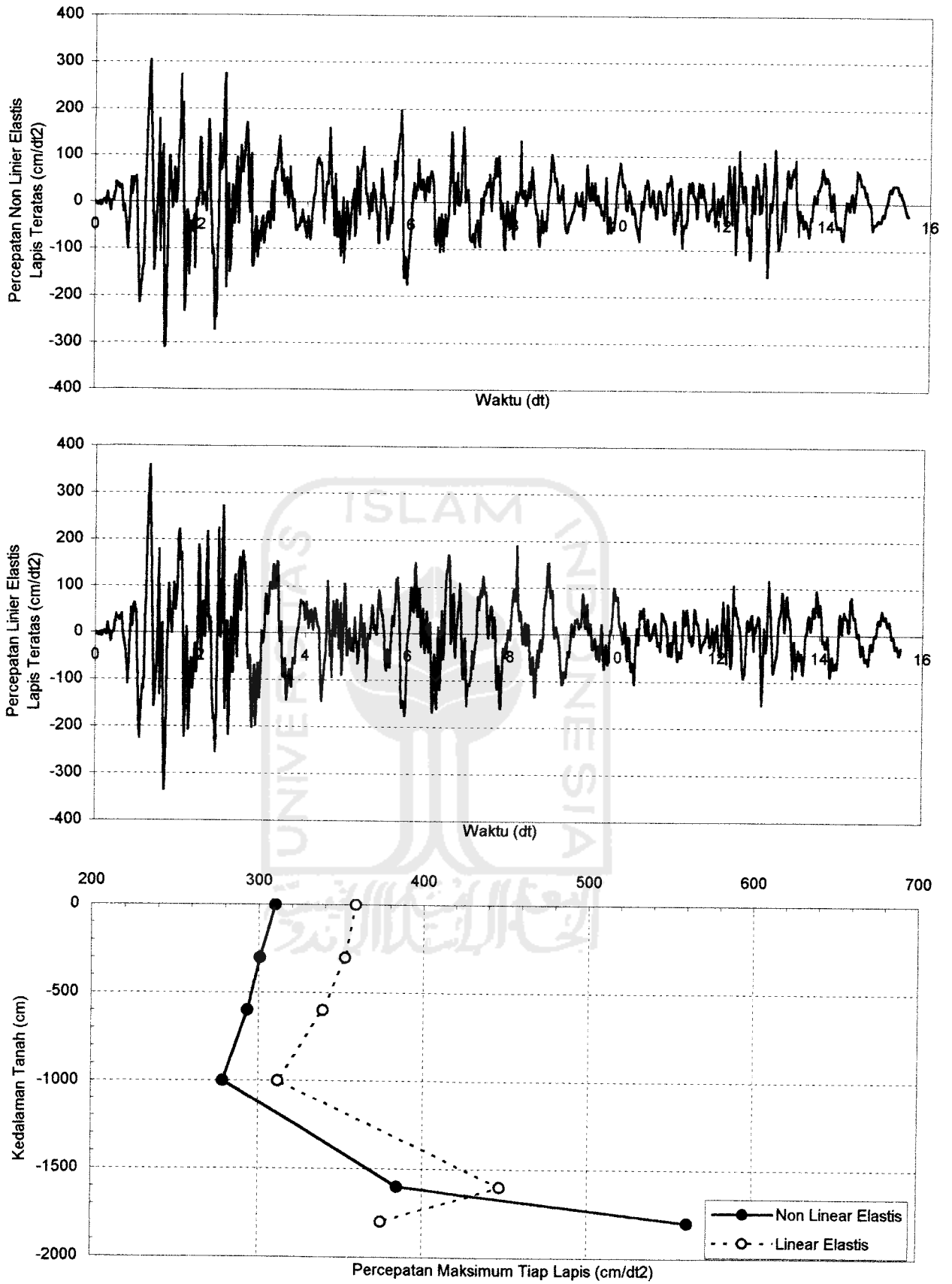
Kondisi	Percepatan (cm/dt <sup>2</sup> )	Kecepatan (cm/dt)	Simpangan (cm)	Regangan	Tegangan (kg/cm <sup>2</sup> )
Linear Elastis Tanpa Massa	375.0798814	22.6995825	1.8404495	0.0001694	7.3785860
Non Linear Elastis Dengan Massa	321.4203729	18.7697250	1.8333219	0.0000835	3.4334551
Linear Elastis Dengan Massa 20.000 Ton	285.0049987	18.6239961	1.4651994	0.0001060	8.9551721
Non Linear Elastis Dengan Massa 20.000 Ton	289.0619090	16.7269043	1.3852818	0.0000571	4.6766031
Linear Elastis Dengan Massa 40.000 Ton	381.6154131	16.6119690	1.1623864	0.0000764	8.7646375
Non Linear Elastis Dengan Massa 40.000 Ton	262.0414726	16.8937816	1.1152911	0.0000476	5.3283782
Linear Elastis Dengan Massa 60.000 Ton	497.4795911	24.7385219	1.5869306	0.0000969	13.4416748
Non Linear Elastis Dengan Massa 60.000 Ton	310.7880748	14.8943656	1.0745830	0.0000420	5.6995946

**Tabel 6.23.** Respon Seismik Pada Kondisi Linear Elastis dan Nonlinear Elastis Akibat Gempa **Kobe** Untuk Data Tanah Tawang Sari I

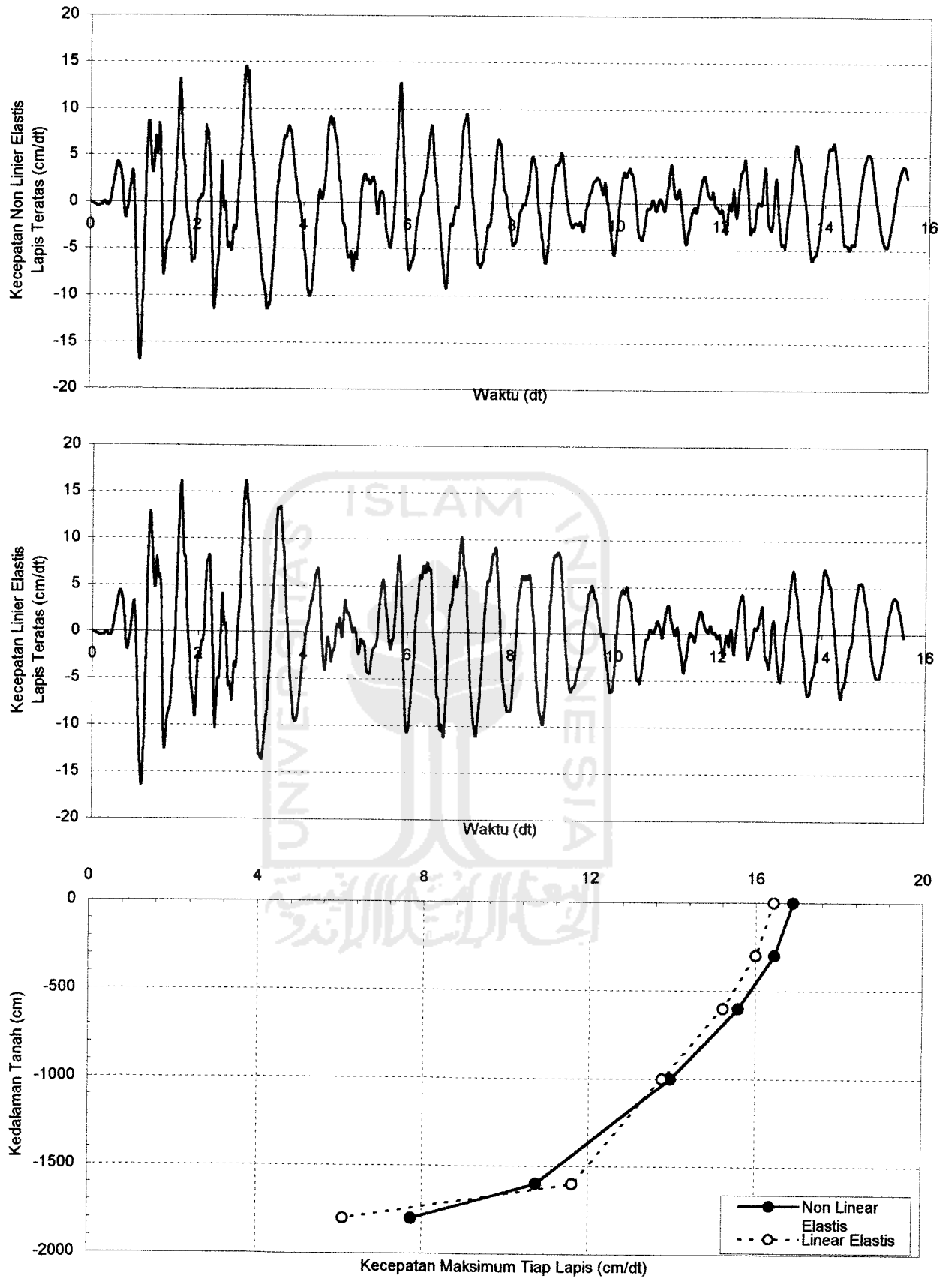
Kondisi	Percepatan (cm/dt <sup>2</sup> )	Kecepatan (cm/dt)	Simpangan (cm)	Regangan	Tegangan (kg/cm <sup>2</sup> )
Linear Elastis Tanpa Massa	670.4704064	74.7124633	8.5814851	0.0004204	18.2288778
Non Linear Elastis Dengan Massa	288.9172185	60.3529127	7.7445798	0.0000789	3.2562761
Linear Elastis Dengan Massa 20.000 Ton	401.3451663	27.2419945	2.7602646	0.0001610	13.5262127
Non Linear Elastis Dengan Massa 20.000 Ton	311.1323901	59.1303477	8.4777190	0.0000729	5.9113036
Linear Elastis Dengan Massa 40.000 Ton	490.9137928	51.1217895	1.9360695	0.0001143	13.0742815
Non Linear Elastis Dengan Massa 40.000 Ton	314.7110045	51.1217895	7.8645820	0.0000665	7.3391733
Linear Elastis Dengan Massa 60.000 Ton	704.3301978	42.7321603	2.7249478	0.0001600	22.1063541
Non Linear Elastis Dengan Massa 60.000 Ton	375.0188918	43.9845775	6.3410804	0.0000599	8.0219881

**Tabel 6.24.** Respon Seismik Pada Kondisi Linear Elastis dan Nonlinear Elastis Akibat Gempa **Buoharest** Untuk Data Tanah Tawang Sari

Kondisi	Percepatan (cm/dt <sup>2</sup> )	Kecepatan (cm/dt)	Simpangan (cm)	Regangan	Tegangan (kg/cm <sup>2</sup> )
Linear Elastis Tanpa Massa	174.1490518	33.2666713	6.1209216	0.0002051	8.7170410
Non Linear Elastis Dengan Massa	249.5231448	95.4590416	31.5725606	0.0000917	3.7457058
Linear Elastis Dengan Massa 20.000 Ton	255.6465550	20.1611193	2.1274864	0.0000967	8.0556117
Non Linear Elastis Dengan Massa 20.000 Ton	259.4200572	61.3994066	16.3995608	0.0000725	5.8773562
Linear Elastis Dengan Massa 40.000 Ton	221.7936458	16.6410787	1.6494211	0.0000735	8.3490127
Non Linear Elastis Dengan Massa 40.000 Ton	290.5508505	38.3938845	6.8950893	0.0000593	6.5845859
Linear Elastis Dengan Massa 60.000 Ton	229.9105398	17.7193531	1.3225632	0.0000676	9.3186083
Non Linear Elastis Dengan Massa 60.000 Ton	158.3822407	27.4023993	3.3639891	0.0000504	6.7884908

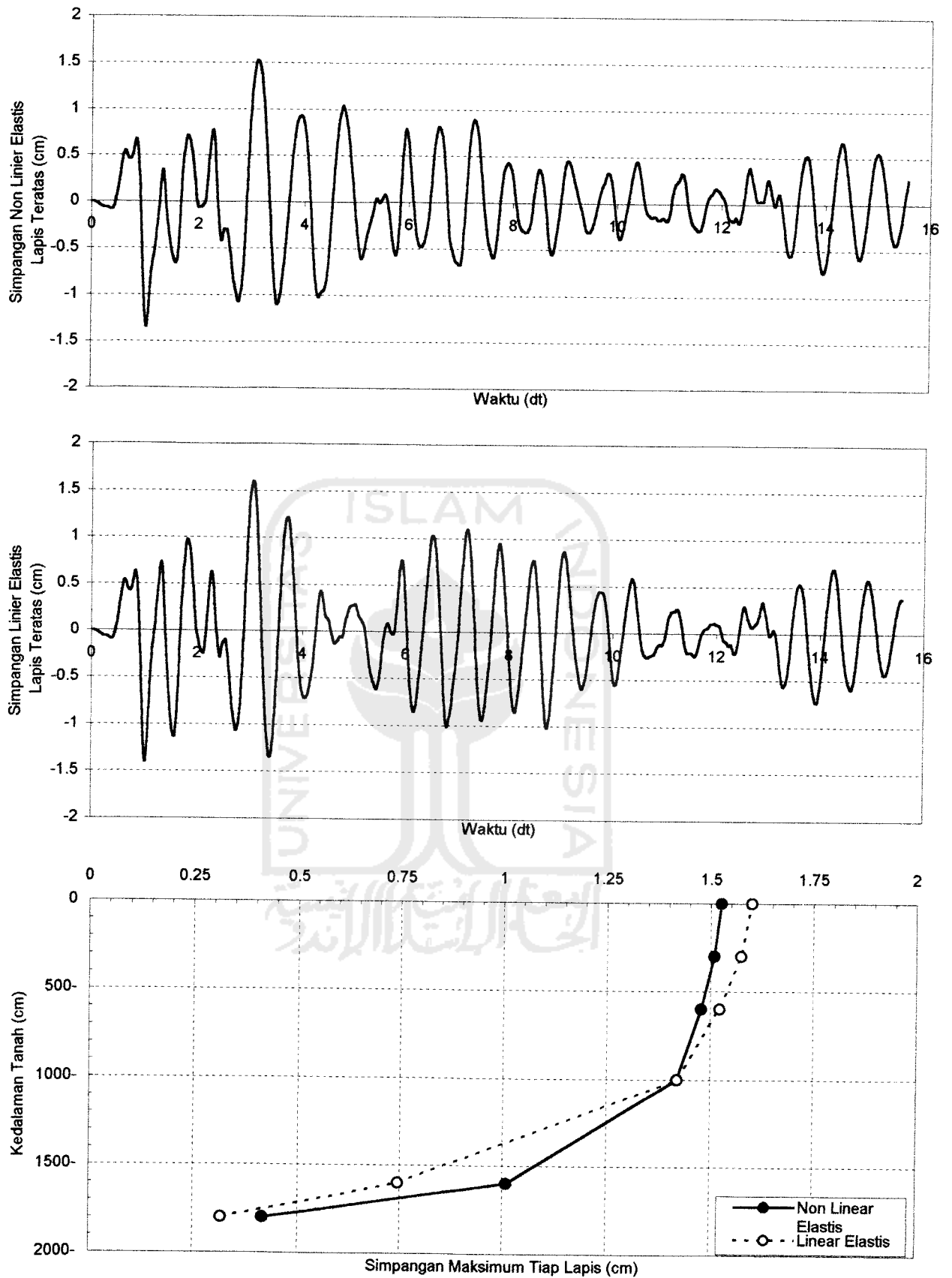


**Grafik 6.5.** Perbandingan Percepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Tanpa Massa Bangunan Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa El Centro

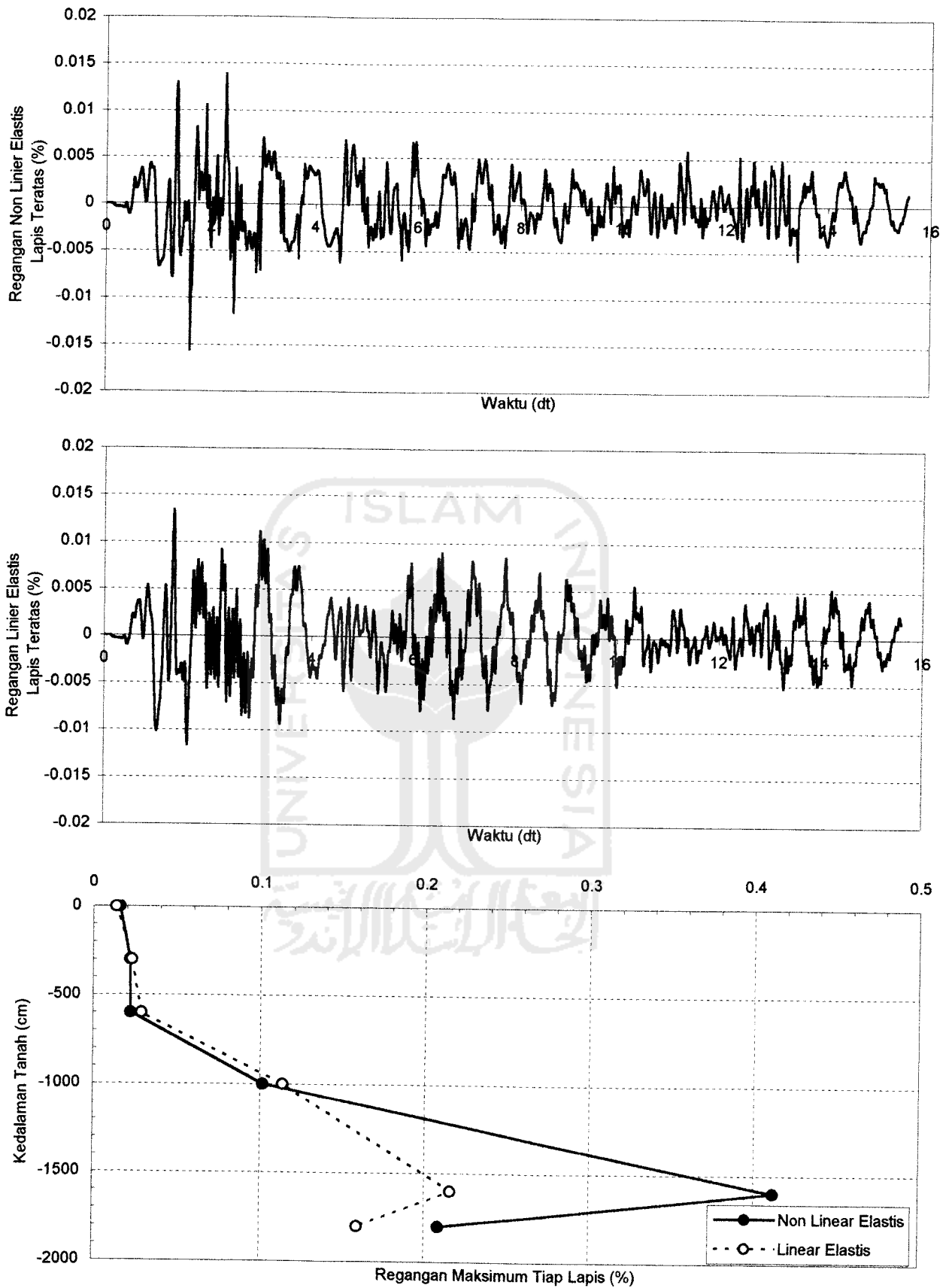


**Grafik 6.6.** Perbandingan Kecepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Tanpa Massa Bangunan Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa El Centro

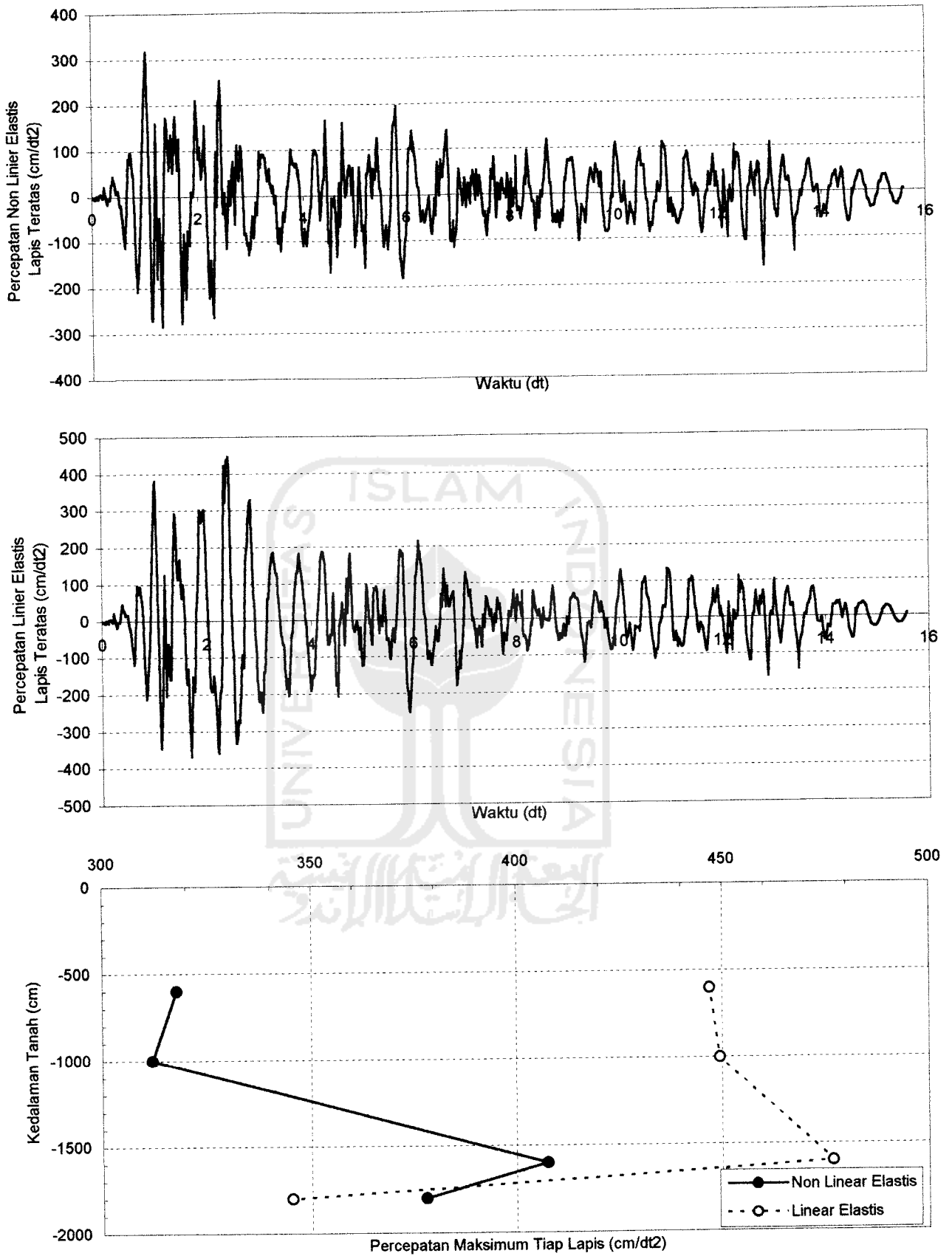




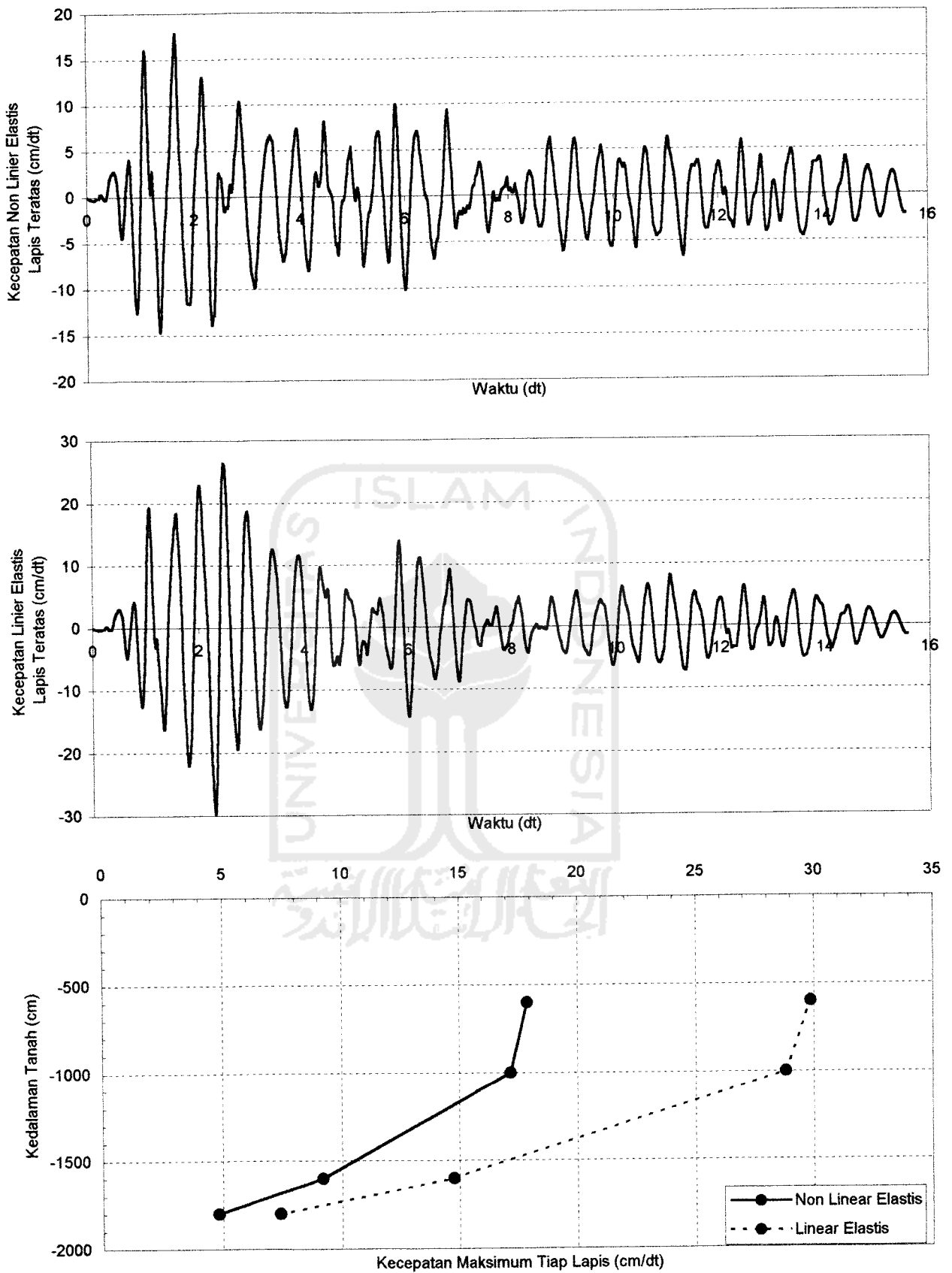
**Grafik 6.7.** Perbandingan Simpangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Tanpa Massa Bangunan Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa El Centro



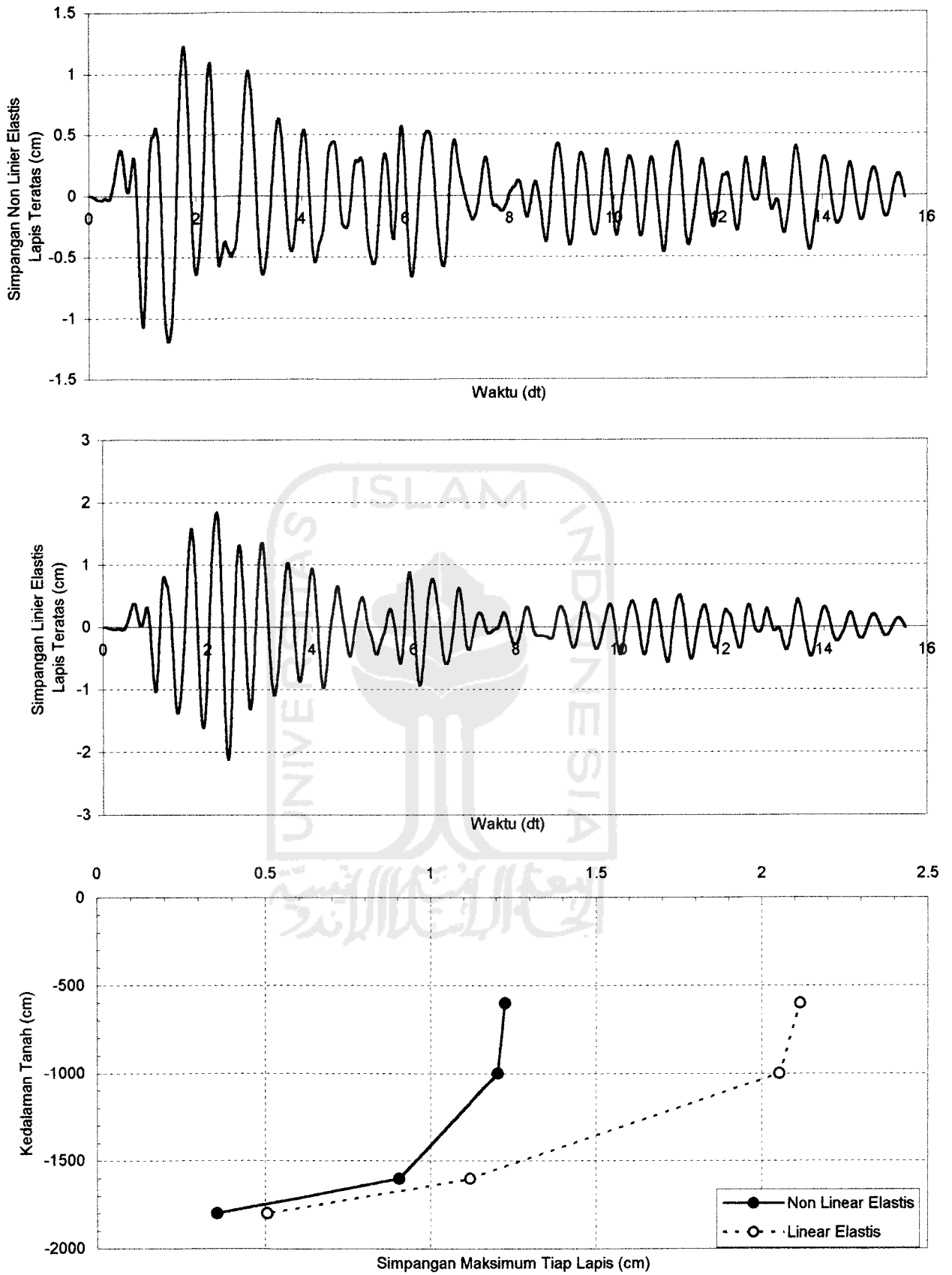
**Grafik 6.8.** Perbandingan Regangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Tanpa Massa Bangunan Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa El Centro



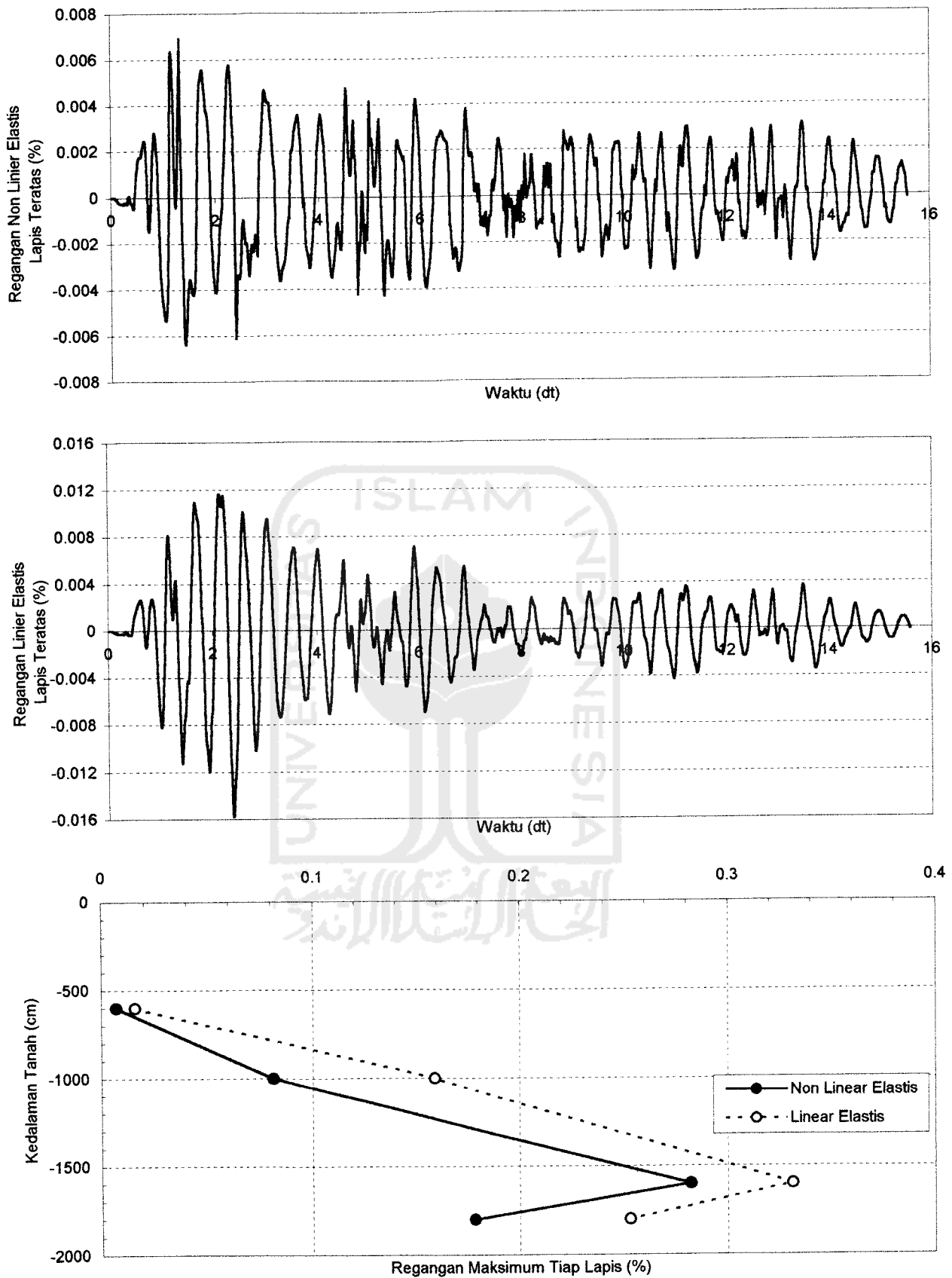
**Grafik 6.9.** Perbandingan Percepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa El Centro



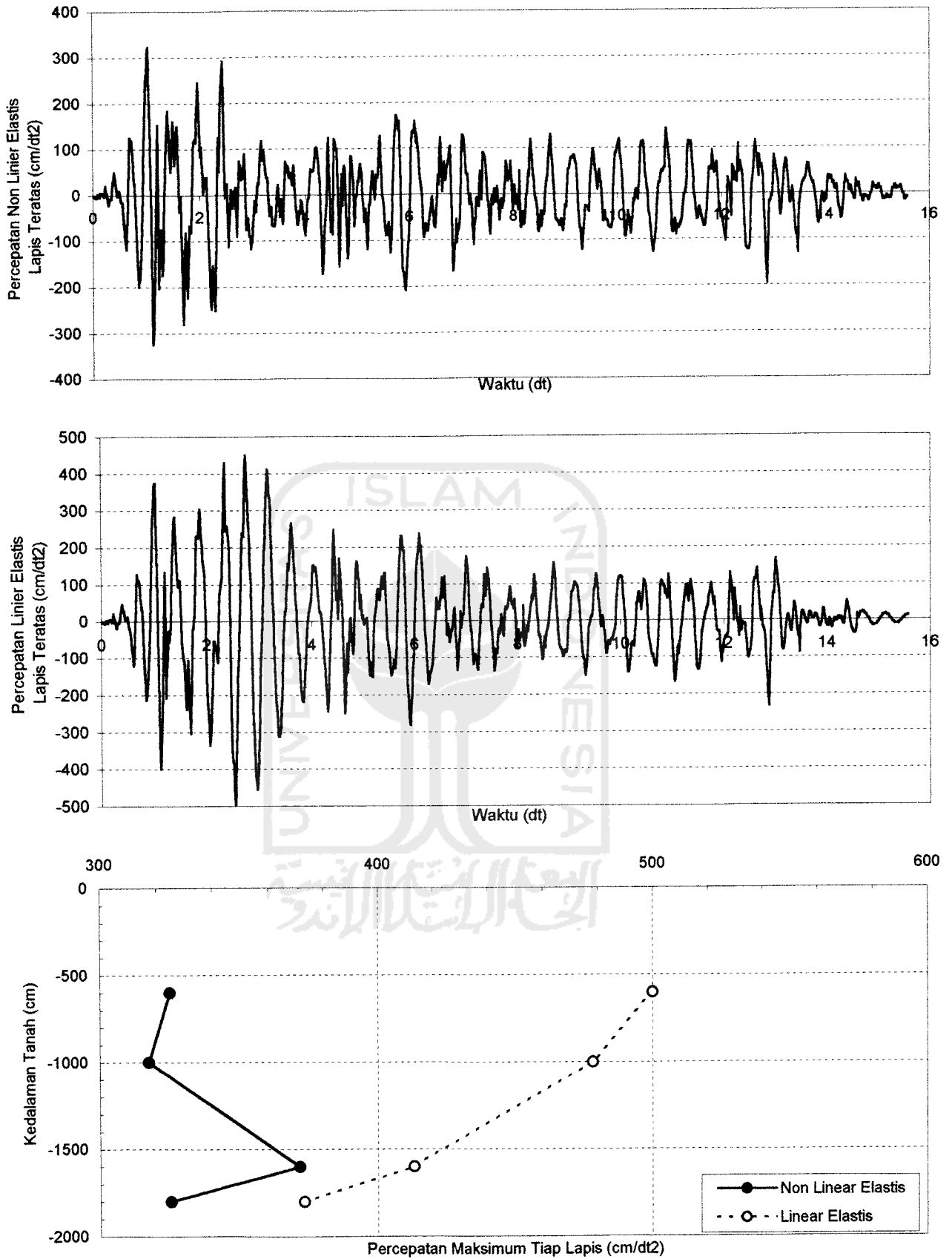
**Grafik 6.10.** Perbandingan Kecepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa El Centro



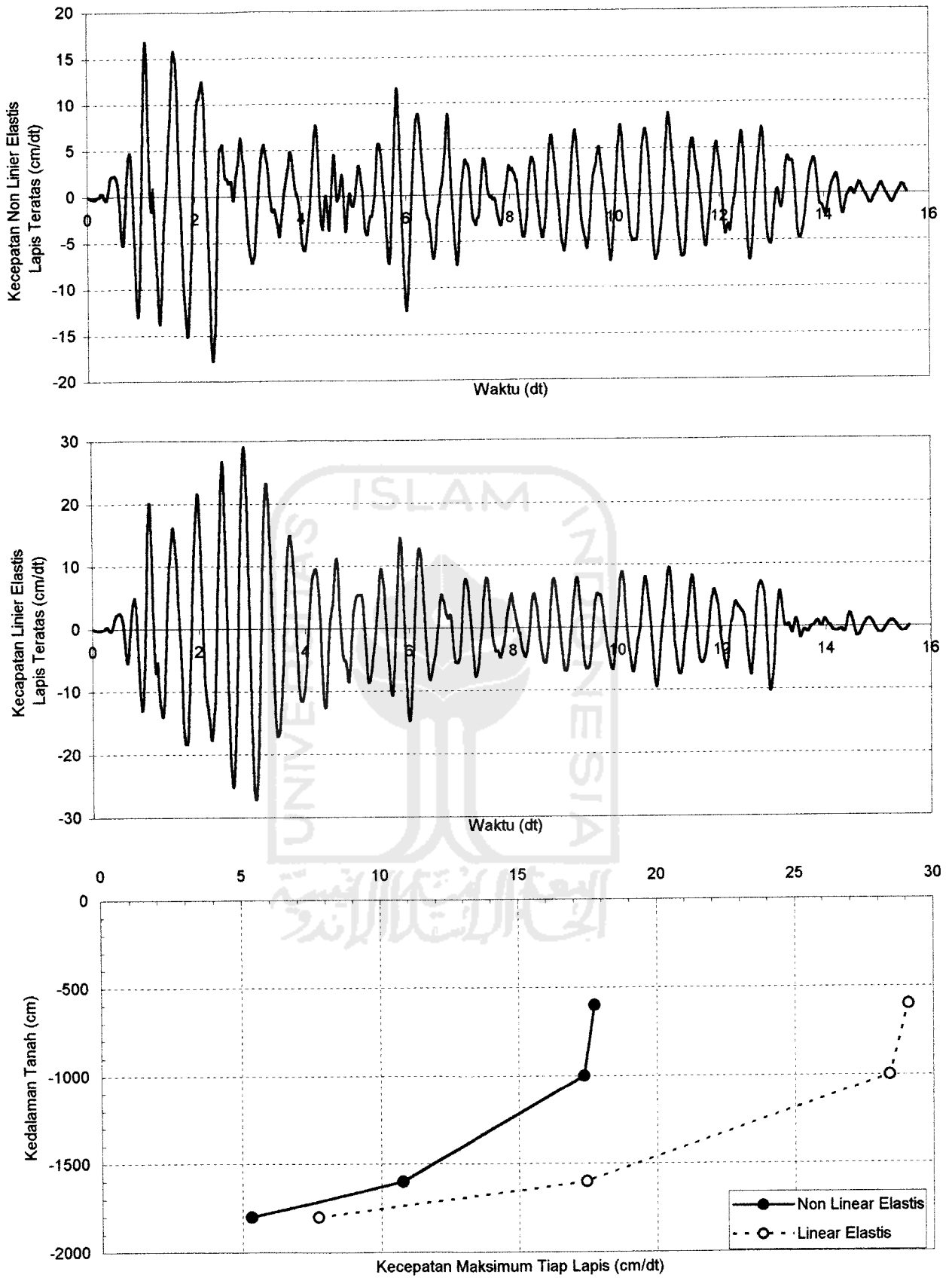
**Grafik 6.11.** Perbandingan Simpangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa El Centro



**Grafik 6.12.** Perbandingan Regangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawangsari I Sukoharjo Akibat Gempa El Centro

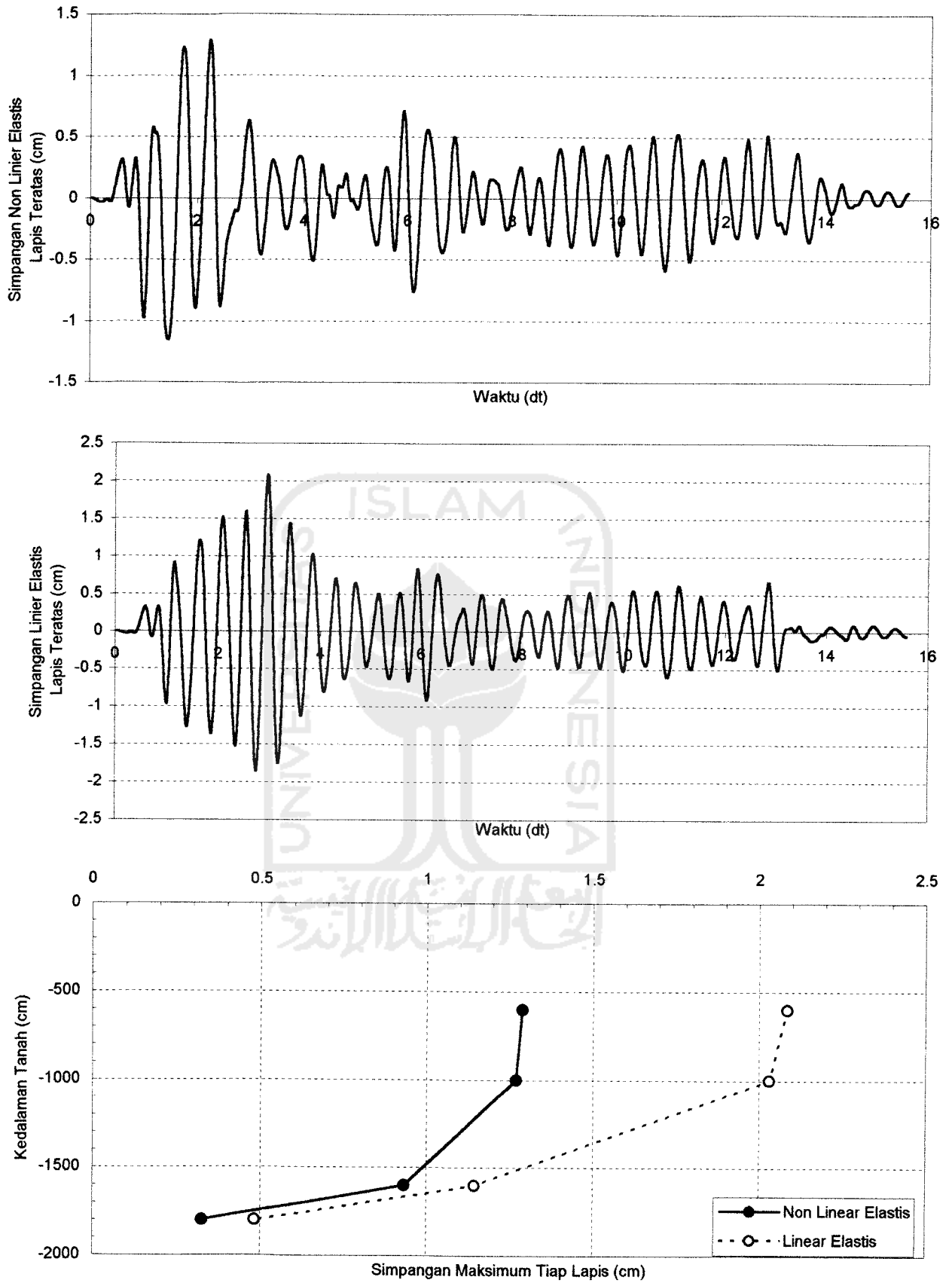


**Grafik 6.13.** Perbandingan Percepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawangsari I Sukoharjo Akibat Gempa El Centro

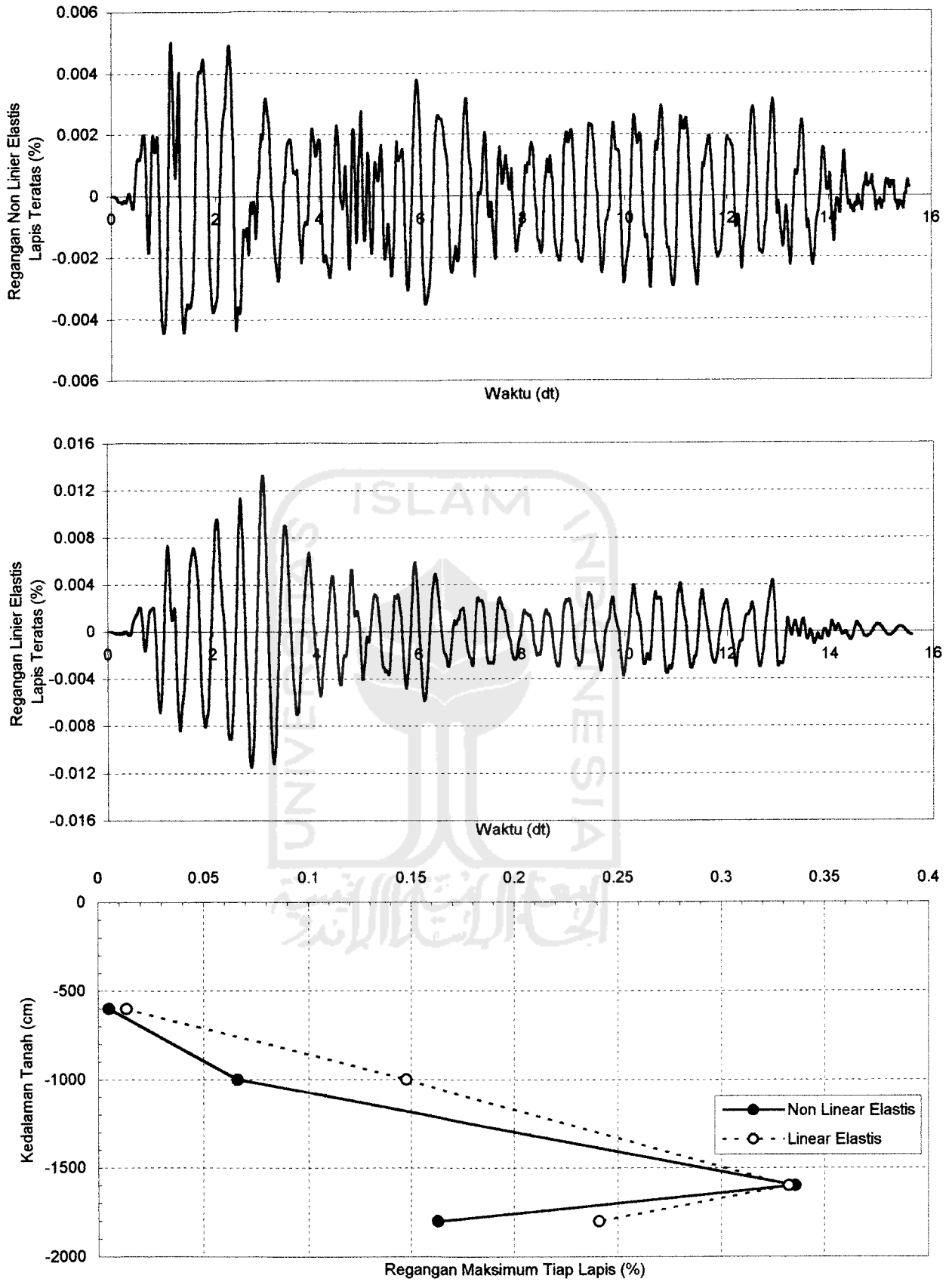


**Grafik 6.14.** Perbandingan Kecepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawangsari I Sukoharjo Akibat Gempa El Centro

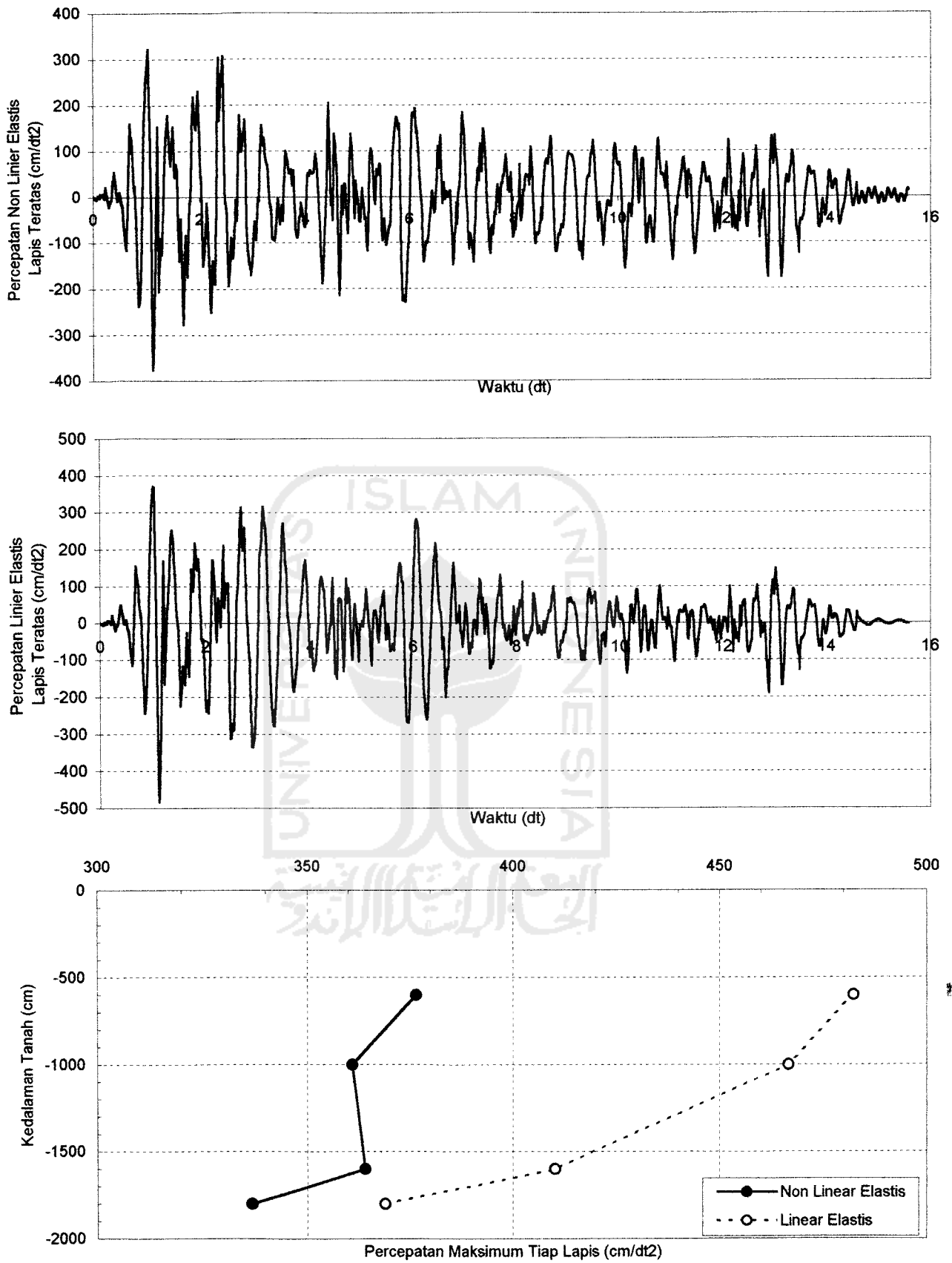




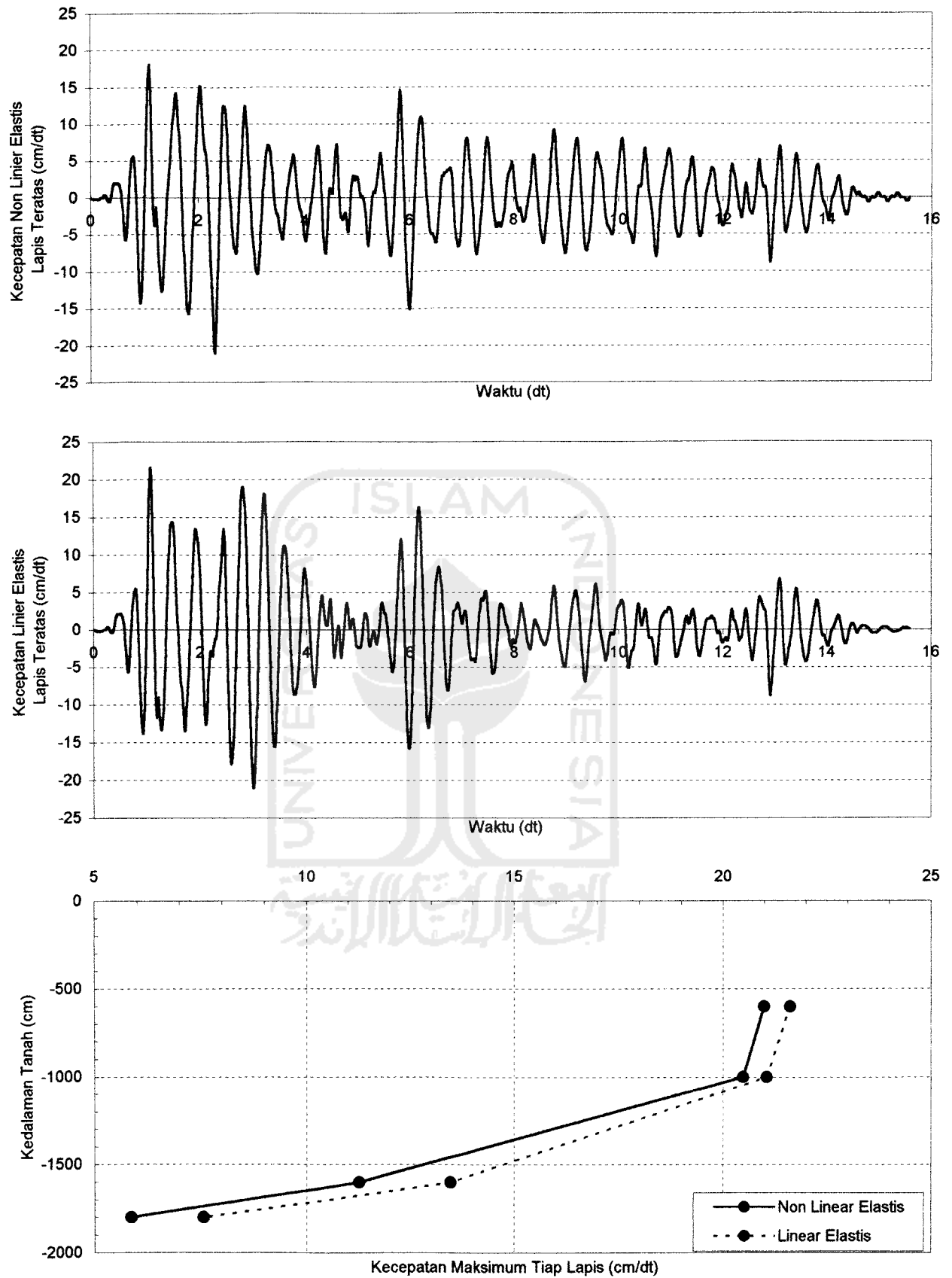
**Grafik 6.15.** Perbandingan Simpangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawangarsi I Sukoharjo Akibat Gempa El Centro



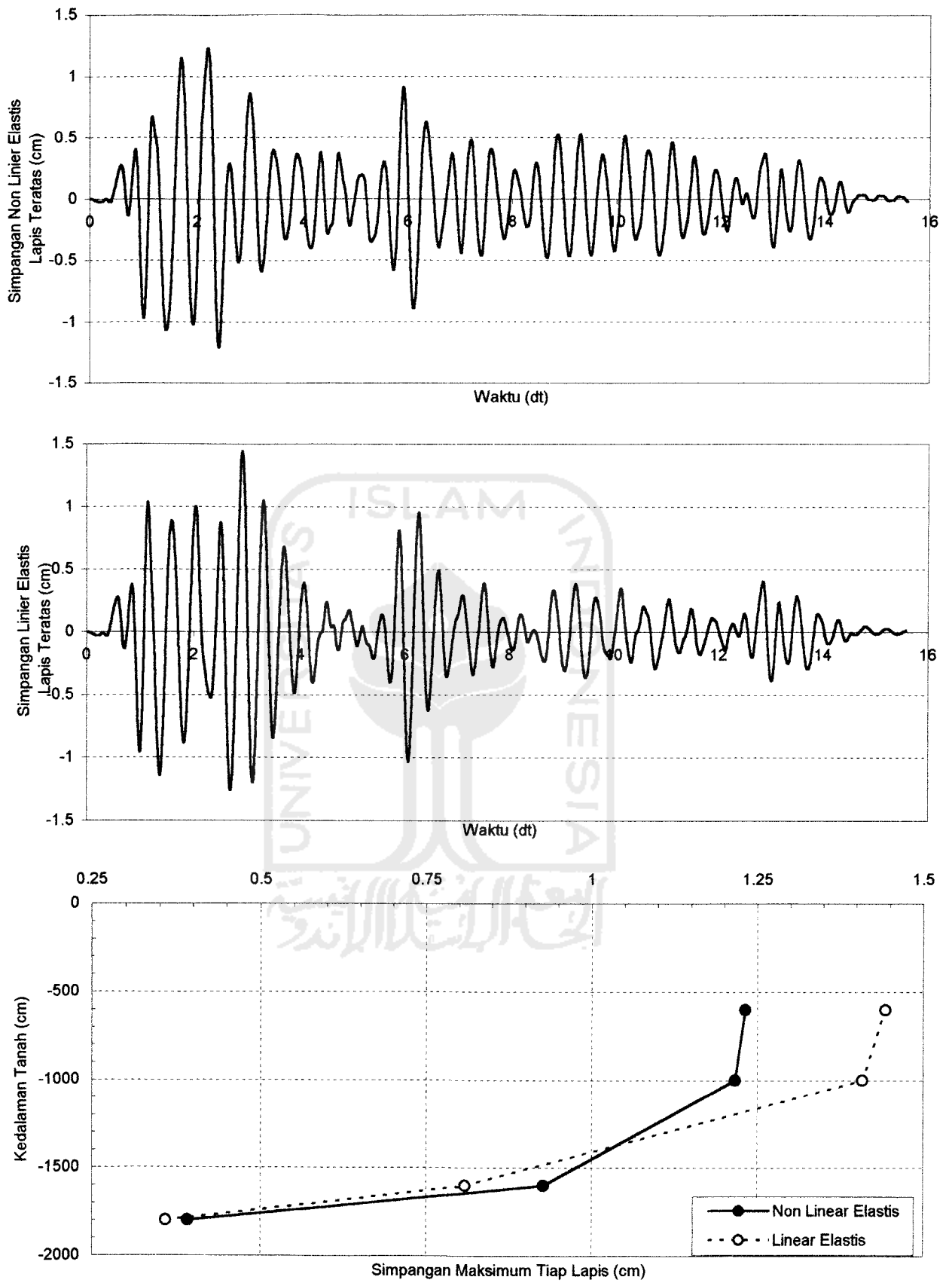
**Grafik 6.16.** Perbandingan Regangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawangsari I Sukoharjo Akibat Gempa El Centro



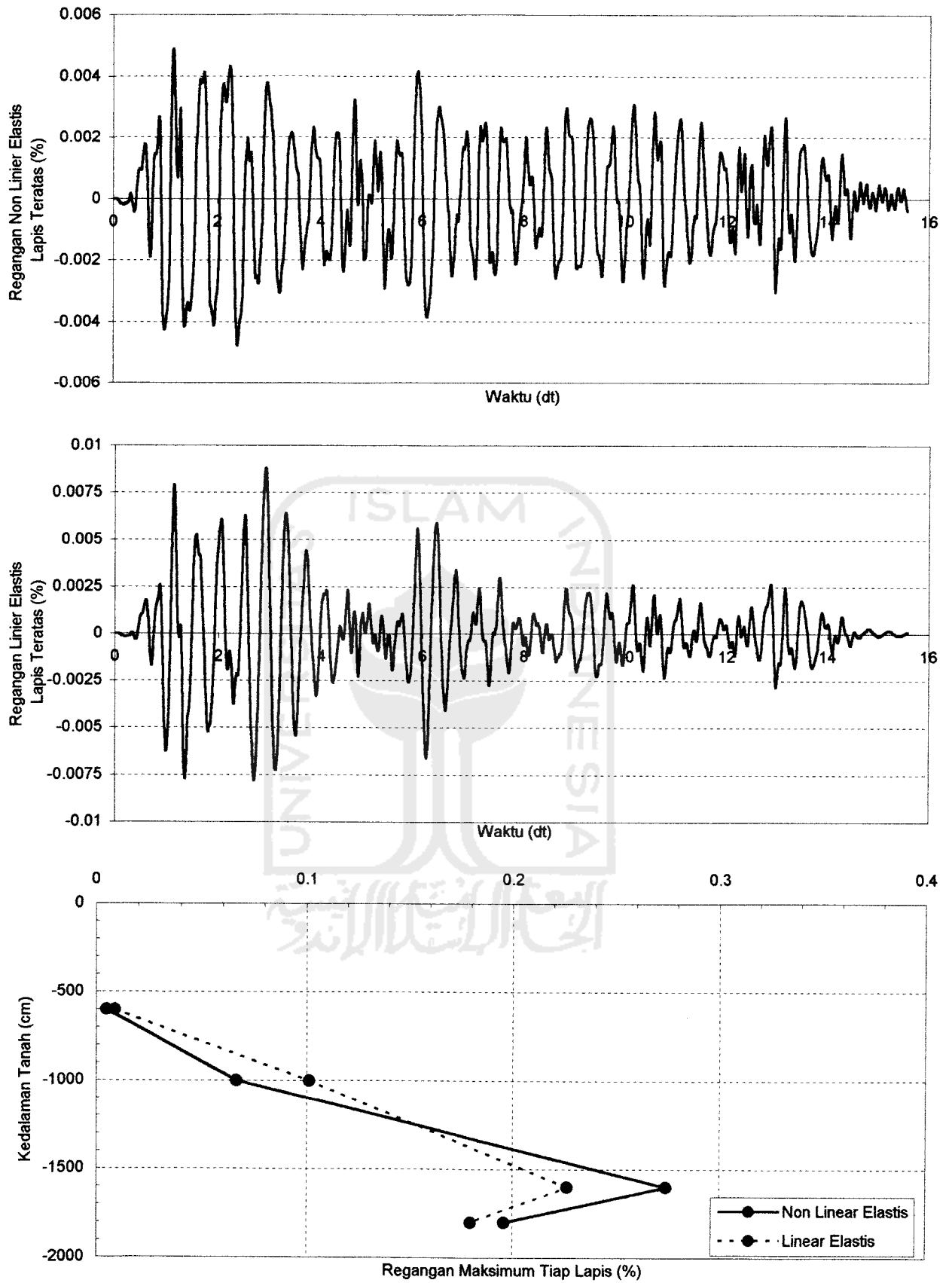
**Grafik 6.17.** Perbandingan Percepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa El Centro



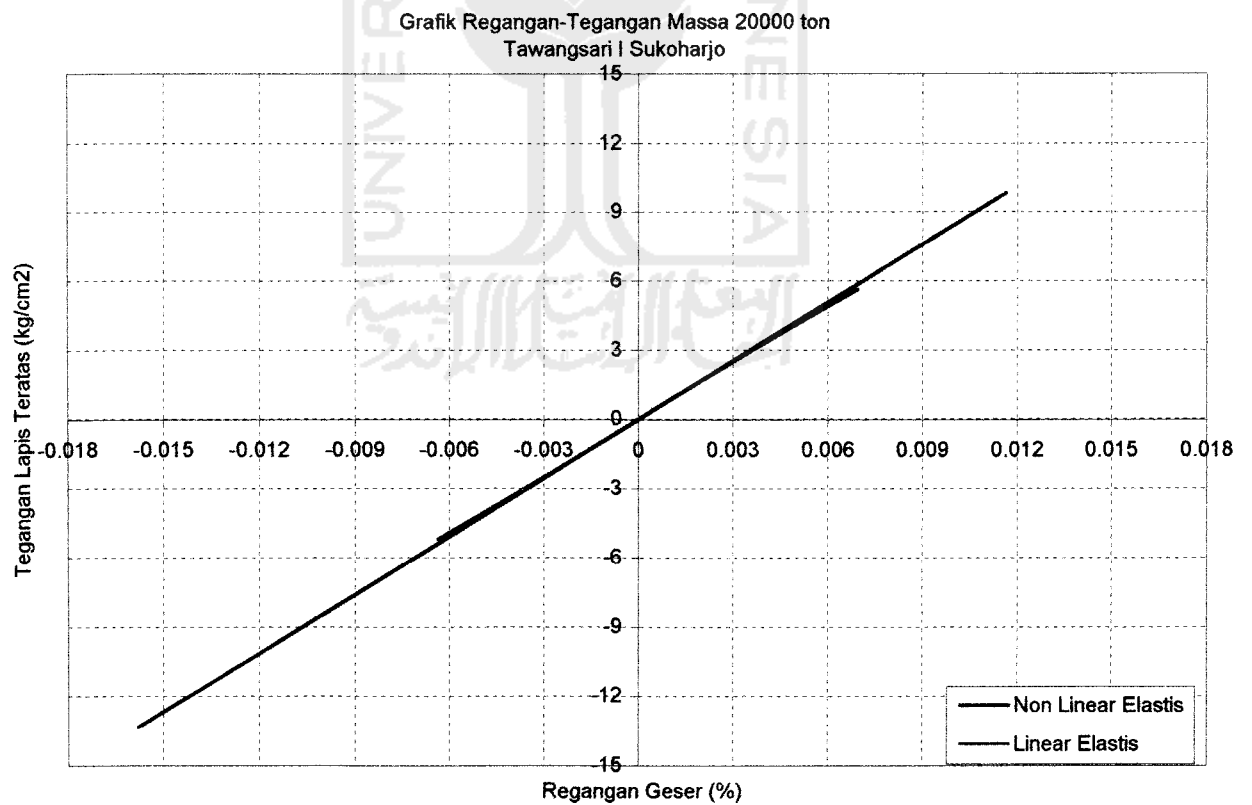
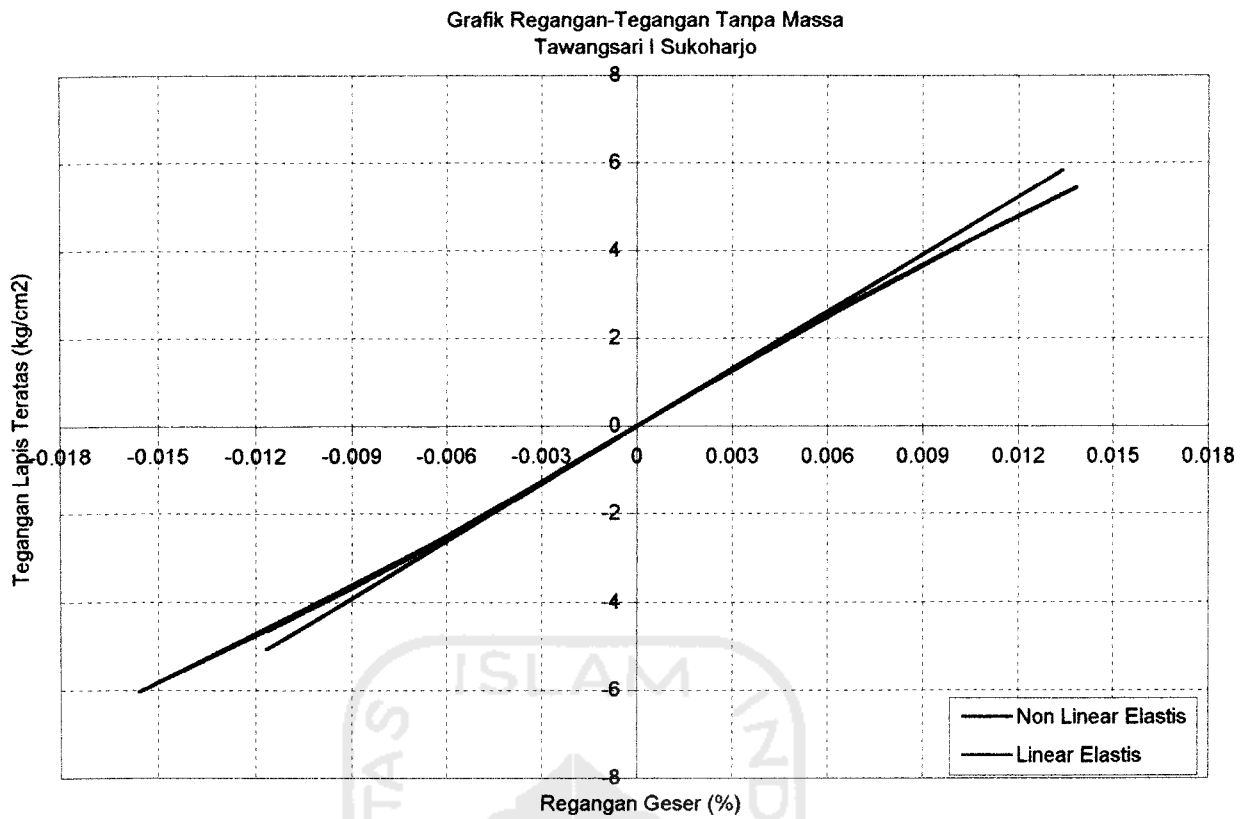
**Grafik 6.18.** Perbandingan Kecepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa El Centro



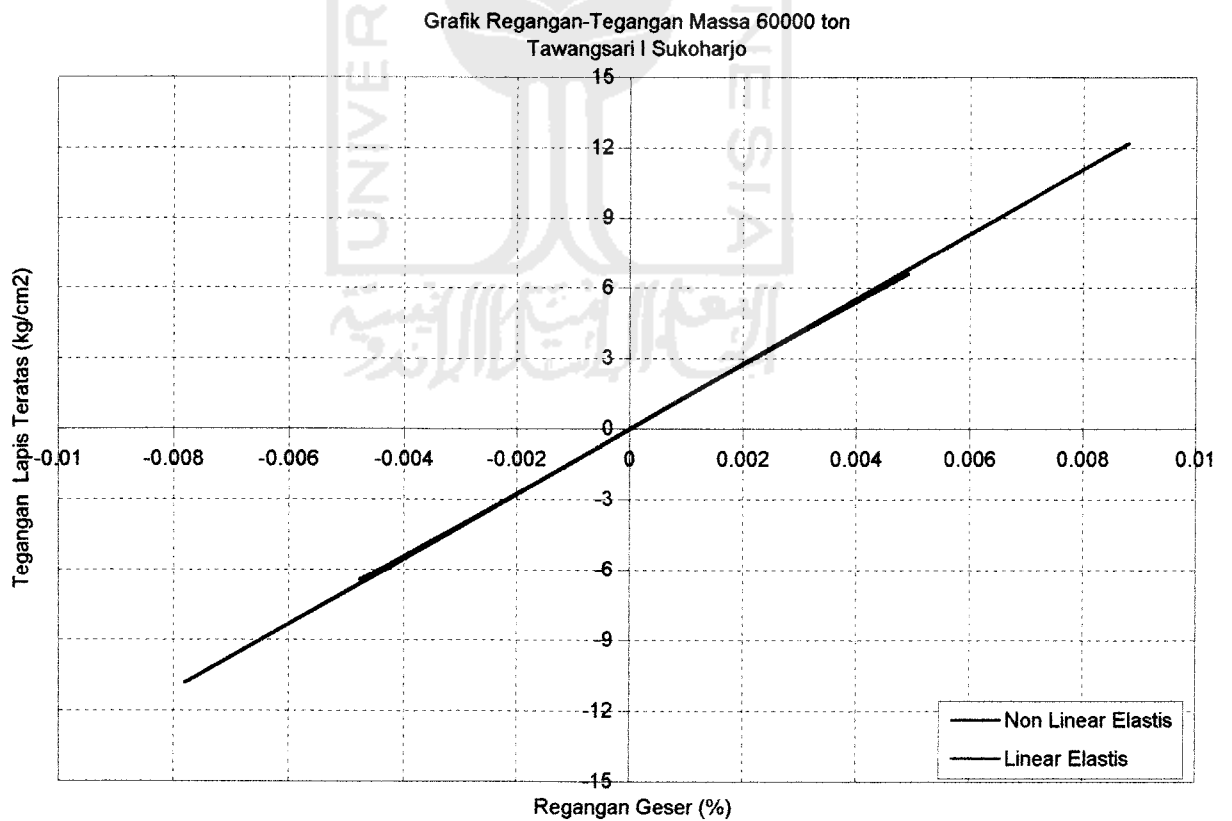
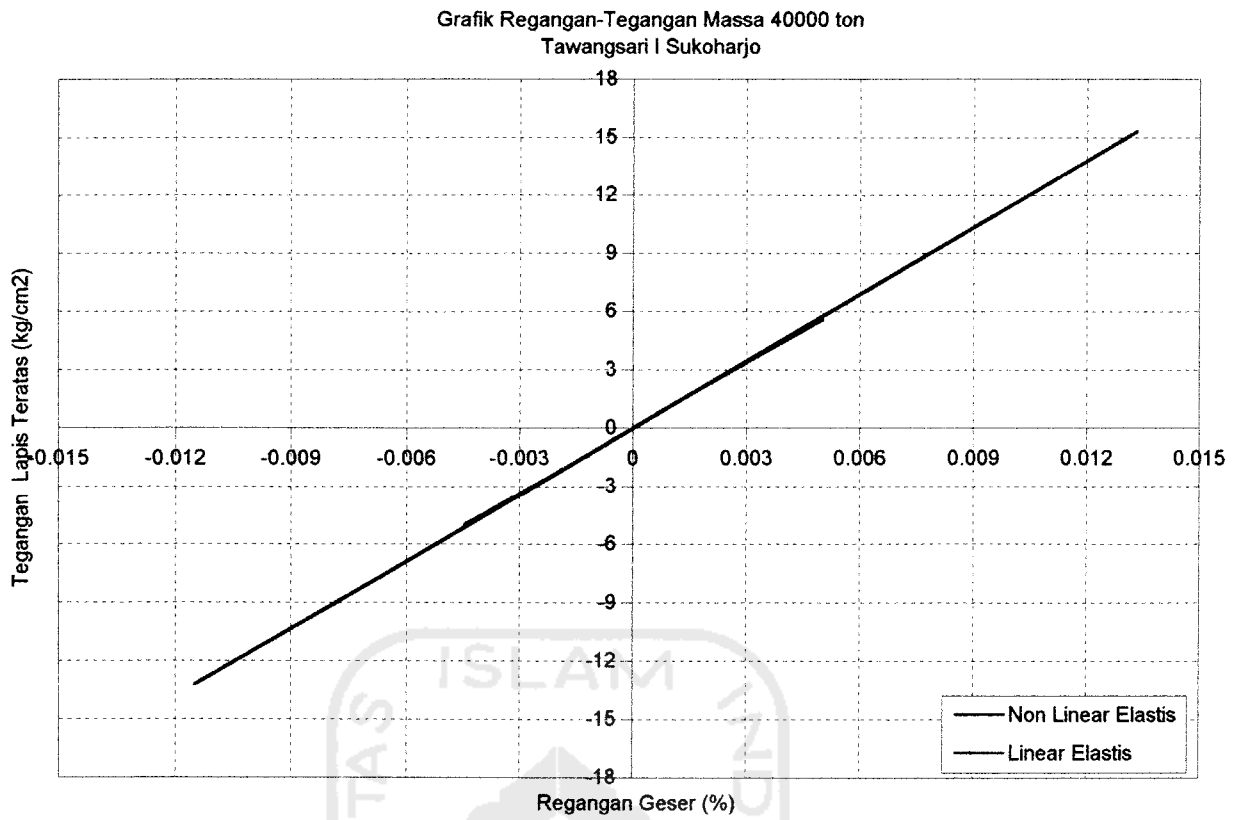
**Grafik 6.19.** Perbandingan Simpangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa El Centro



**Grafik 6.20.** Perbandingan Regangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa El Centro

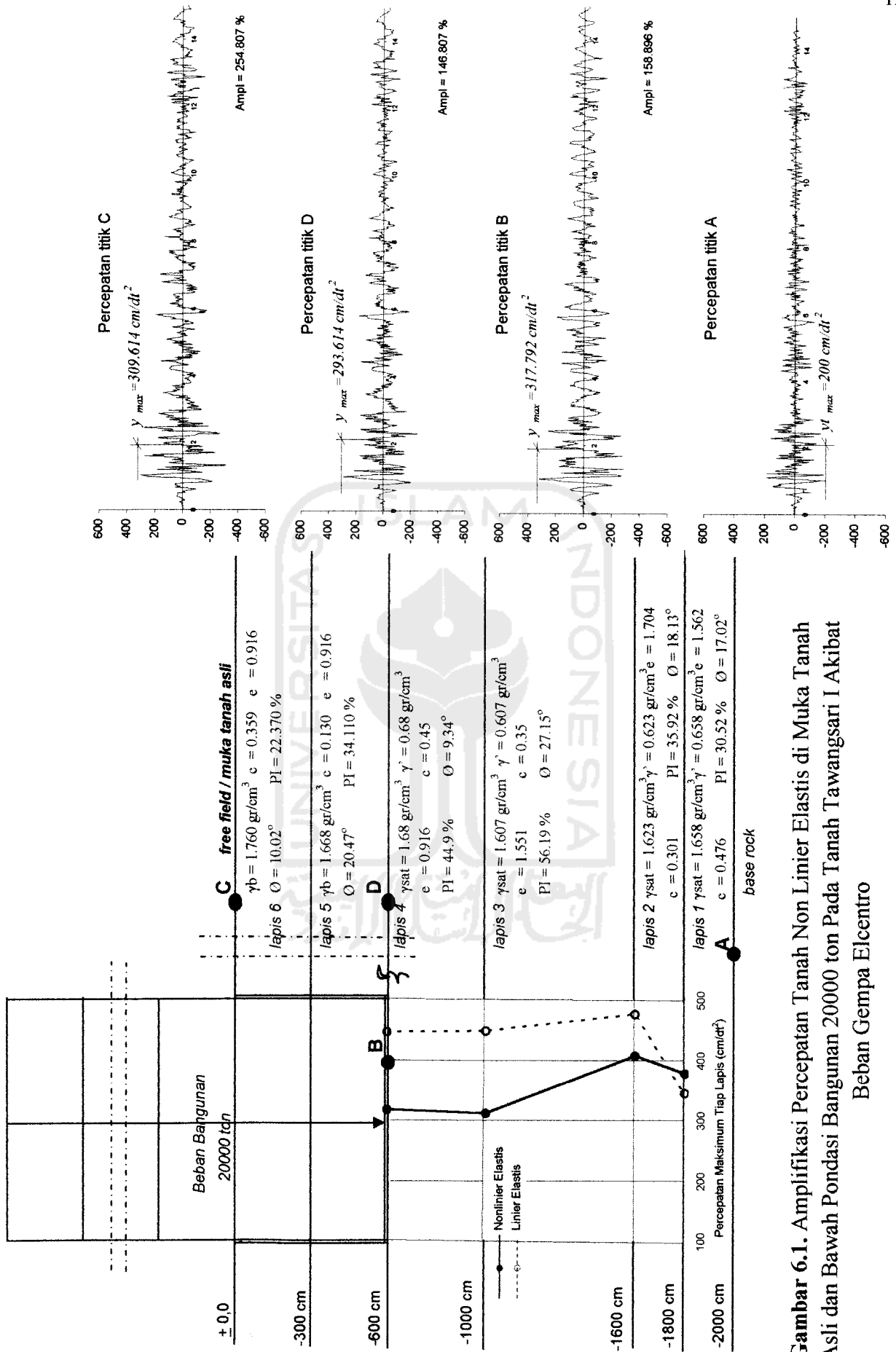


**Grafik 6.21.** Perbandingan Regangan-Tegangan Tanah Non Linier dan Linier Elastis Tanpa Massa dan Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa El Centro

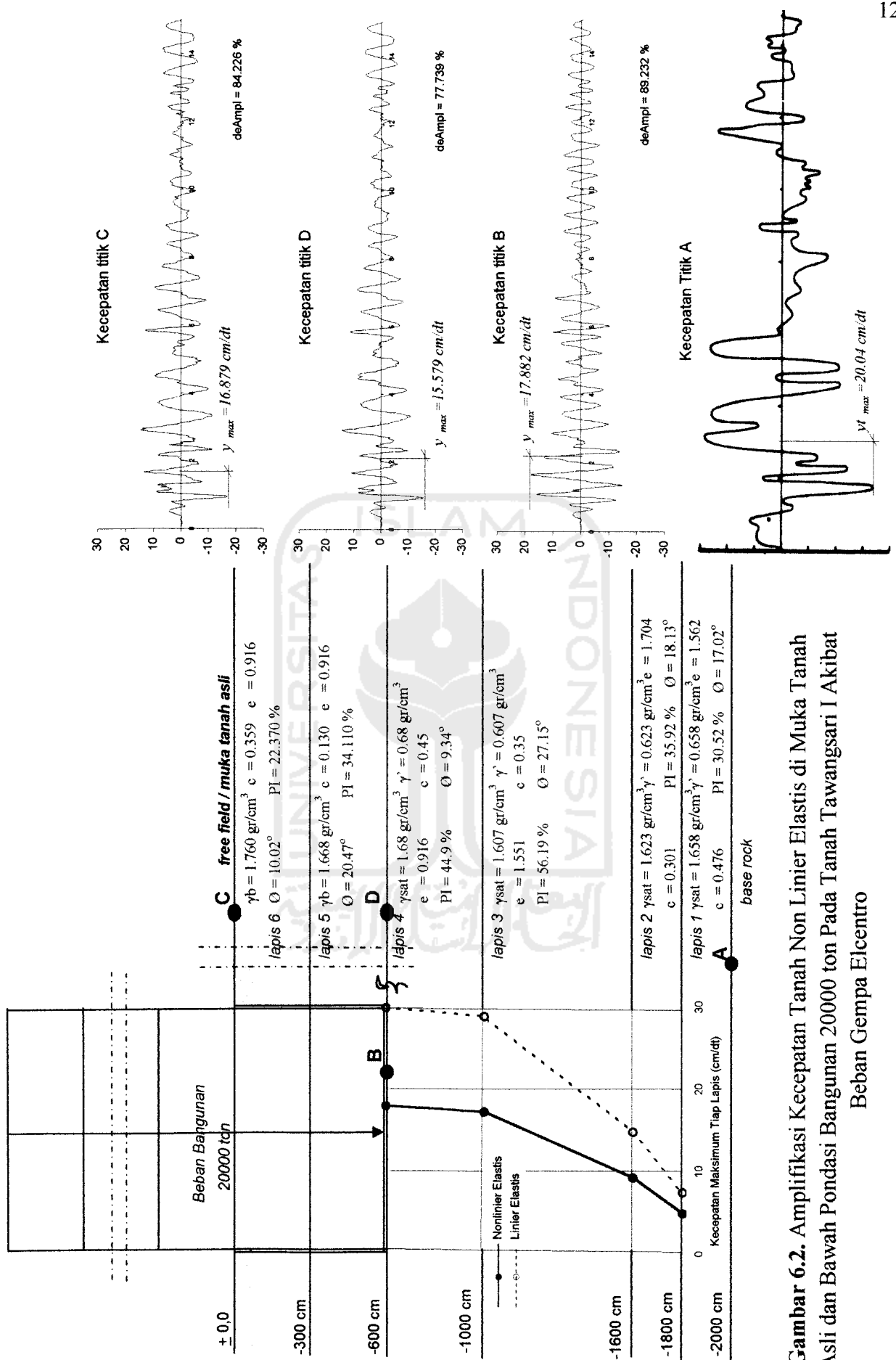


**Grafik 6.22.** Perbandingan Regangan-Tegangan Tanah Non Linier dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton dan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa El Centro

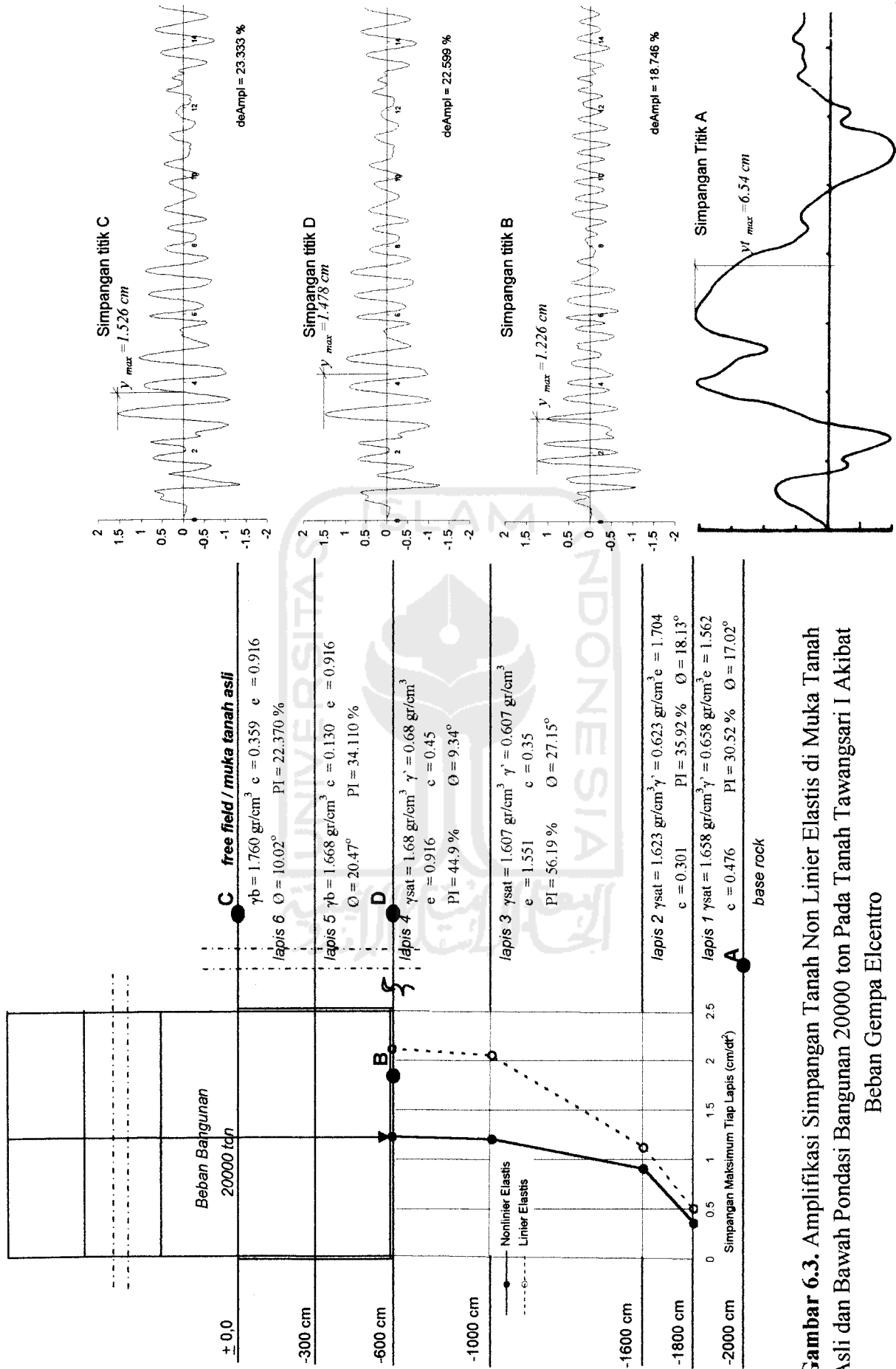




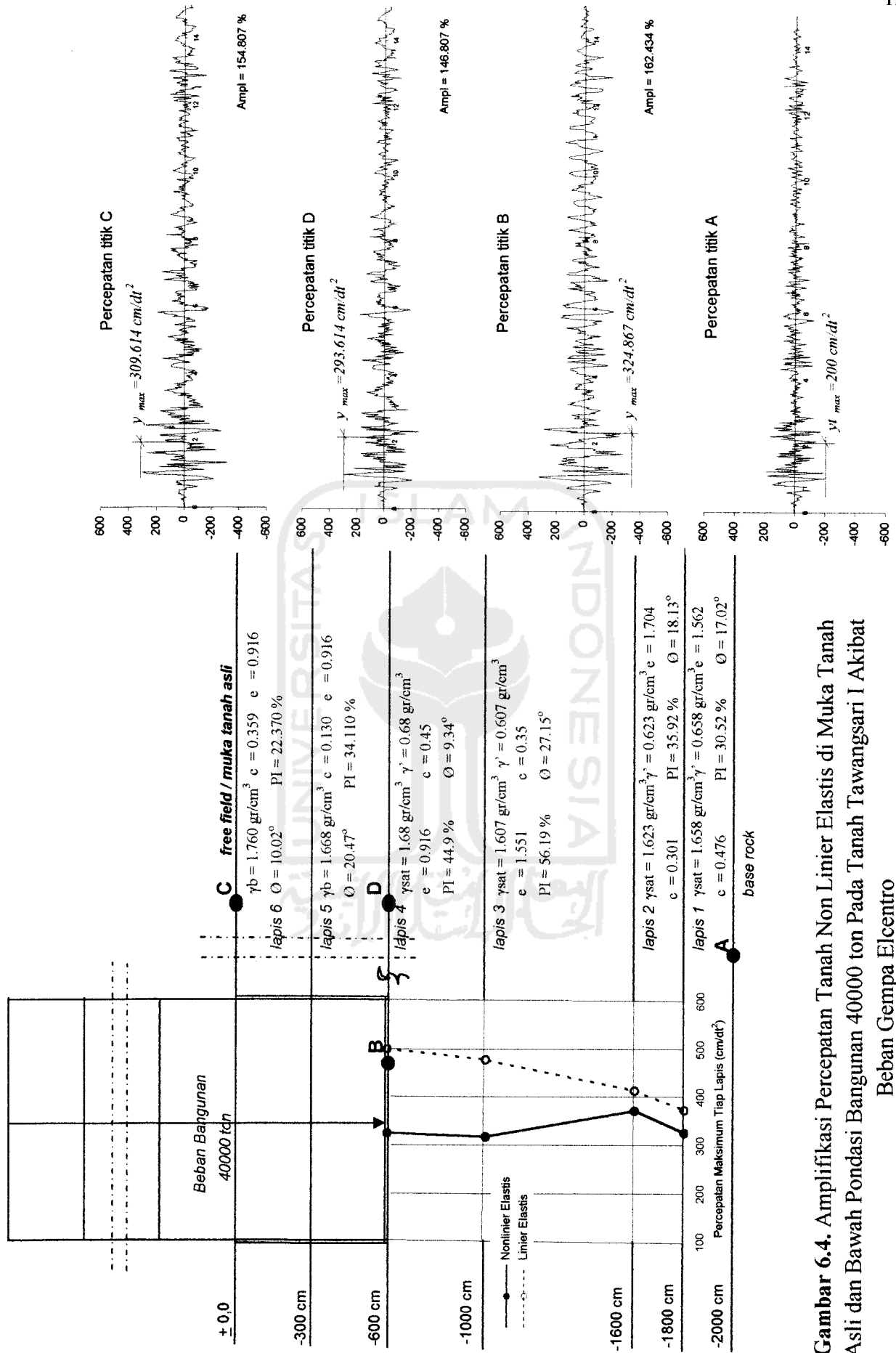
**Gambar 6.1.** Amplifikasi Percepatan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 20000 ton Pada Tanah Tawangsari I Akibat Beban Gempa Elcentro



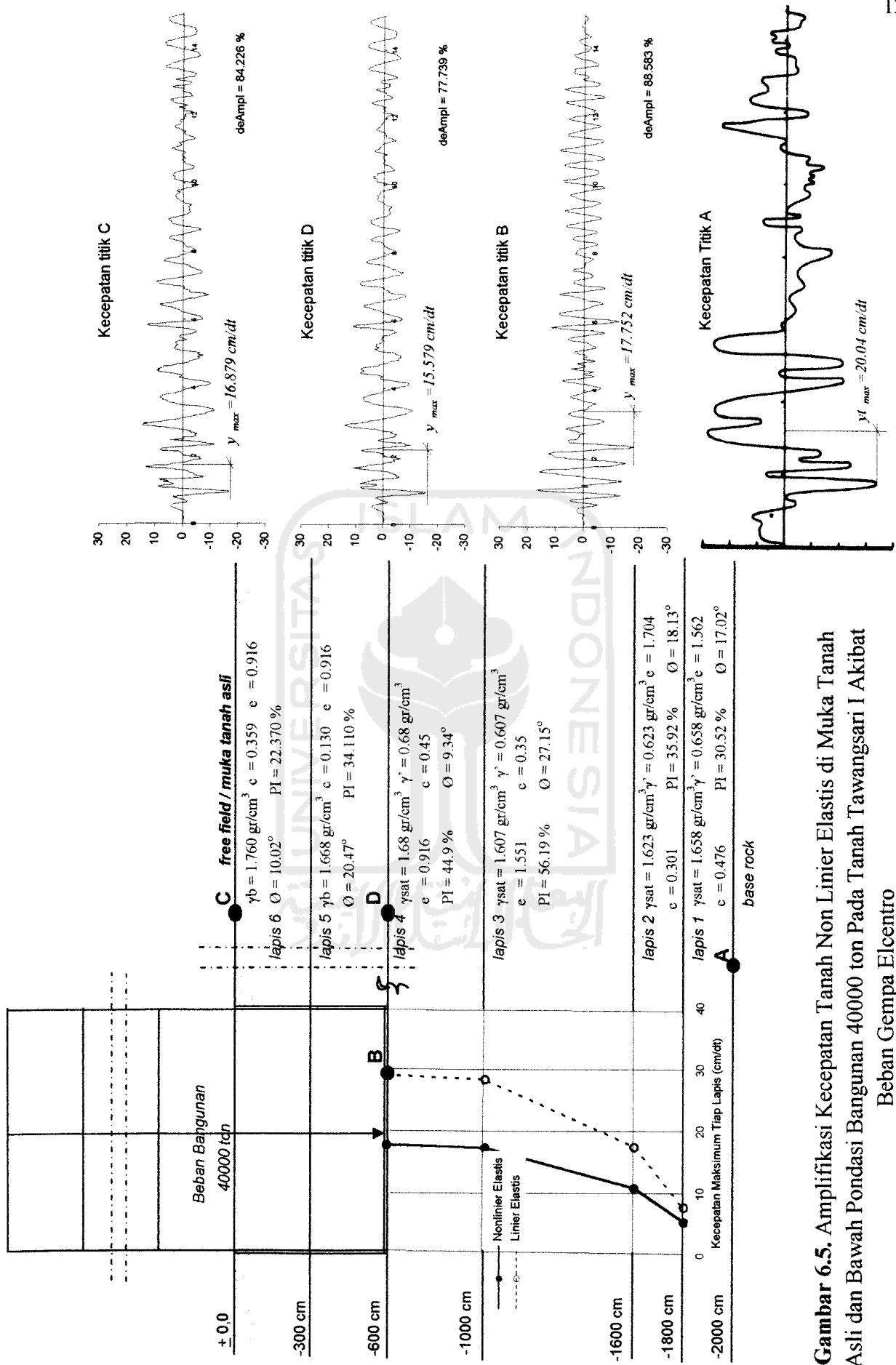
**Gambar 6.2.** Amplifikasi Kecepatan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 20000 ton Pada Tanah Tawangsari I Akibat Beban Gempa Elcentro



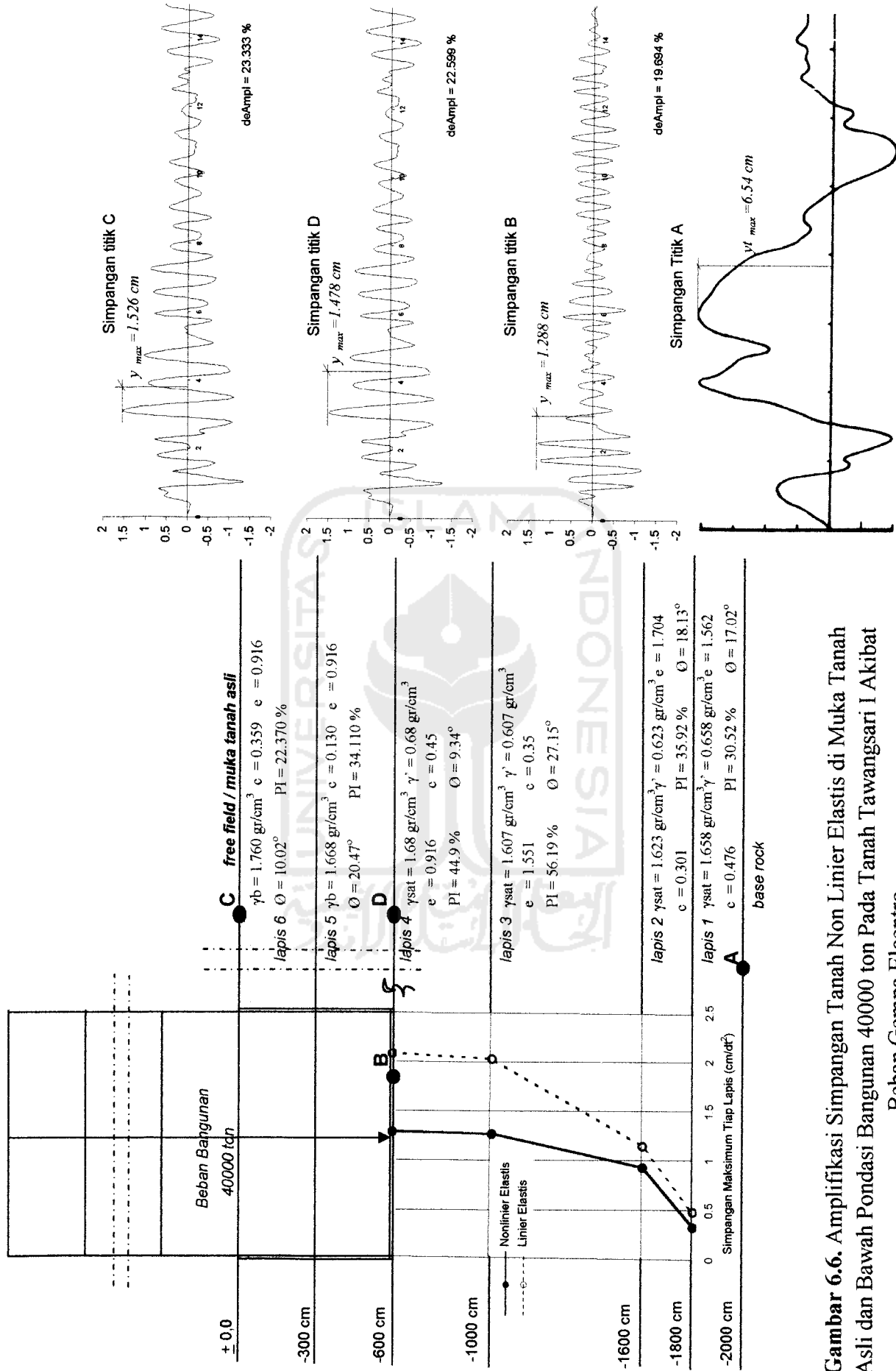
**Gambar 6.3.** Amplifikasi Simpangan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 20000 ton Pada Tanah Tawangsari I Akibat Beban Gempa Elcentro



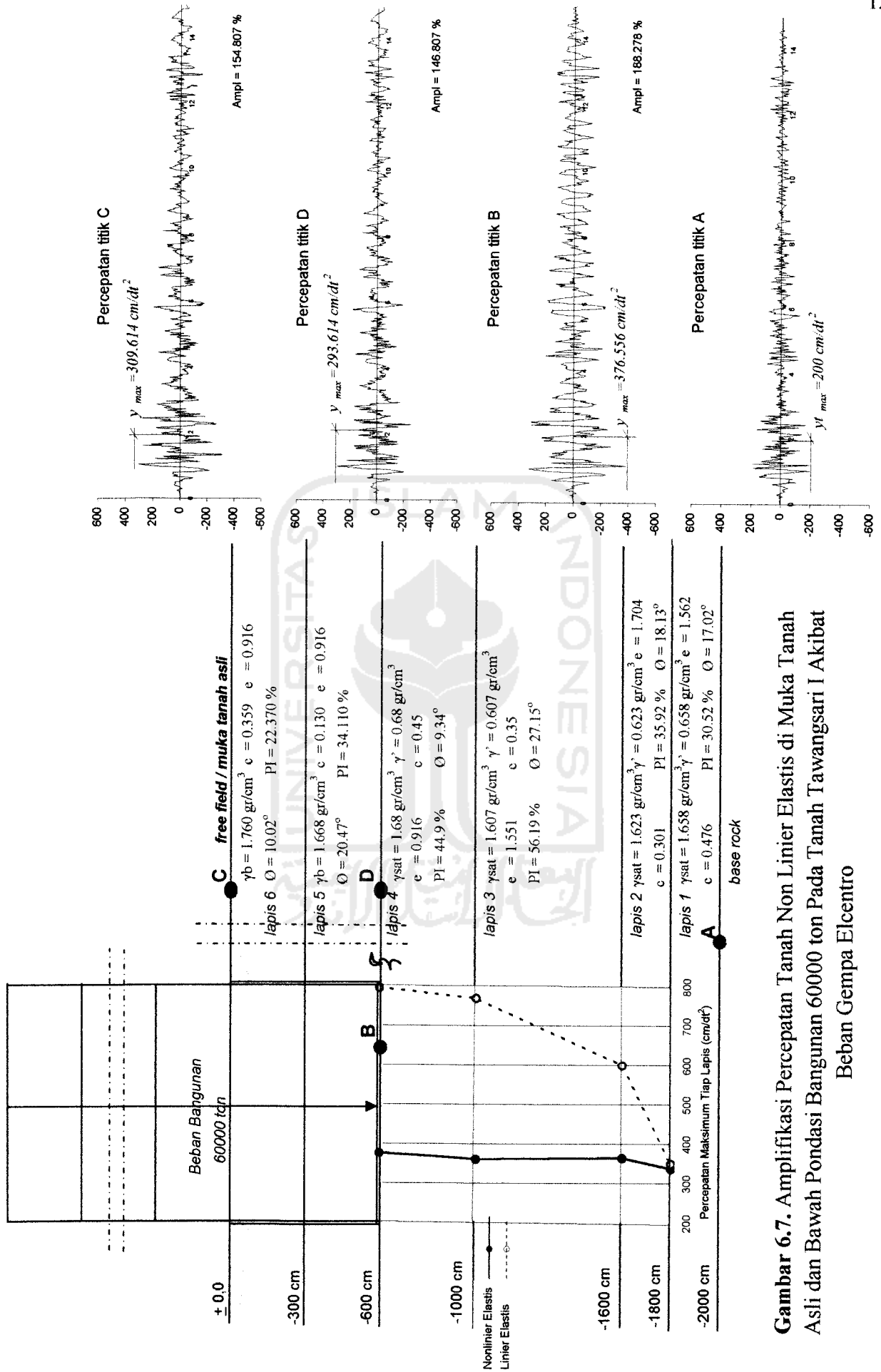
**Gambar 6.4.** Amplifikasi Percepatan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 40000 ton Pada Tanah Tawangsari I Akibat Beban Gempa Elcentro



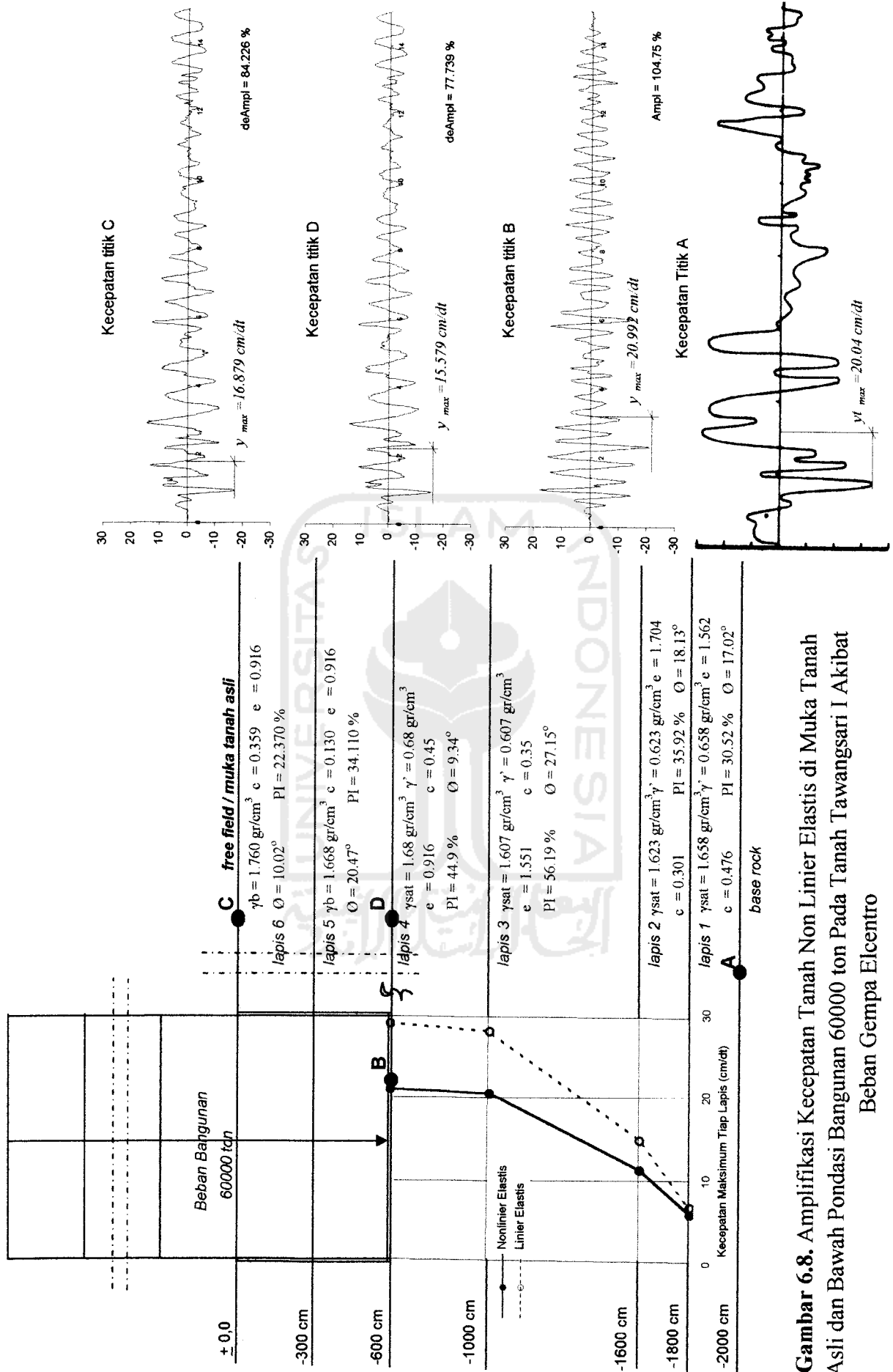
**Gambar 6.5.** Amplifikasi Kecepatan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 40000 ton Pada Tanah Tawangsari I Akibat Beban Gempa Elcentro



**Gambar 6.6.** Amplifikasi Simpangan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 40000 ton Pada Tanah Tawangsari I Akibat Beban Gempa Elcentro

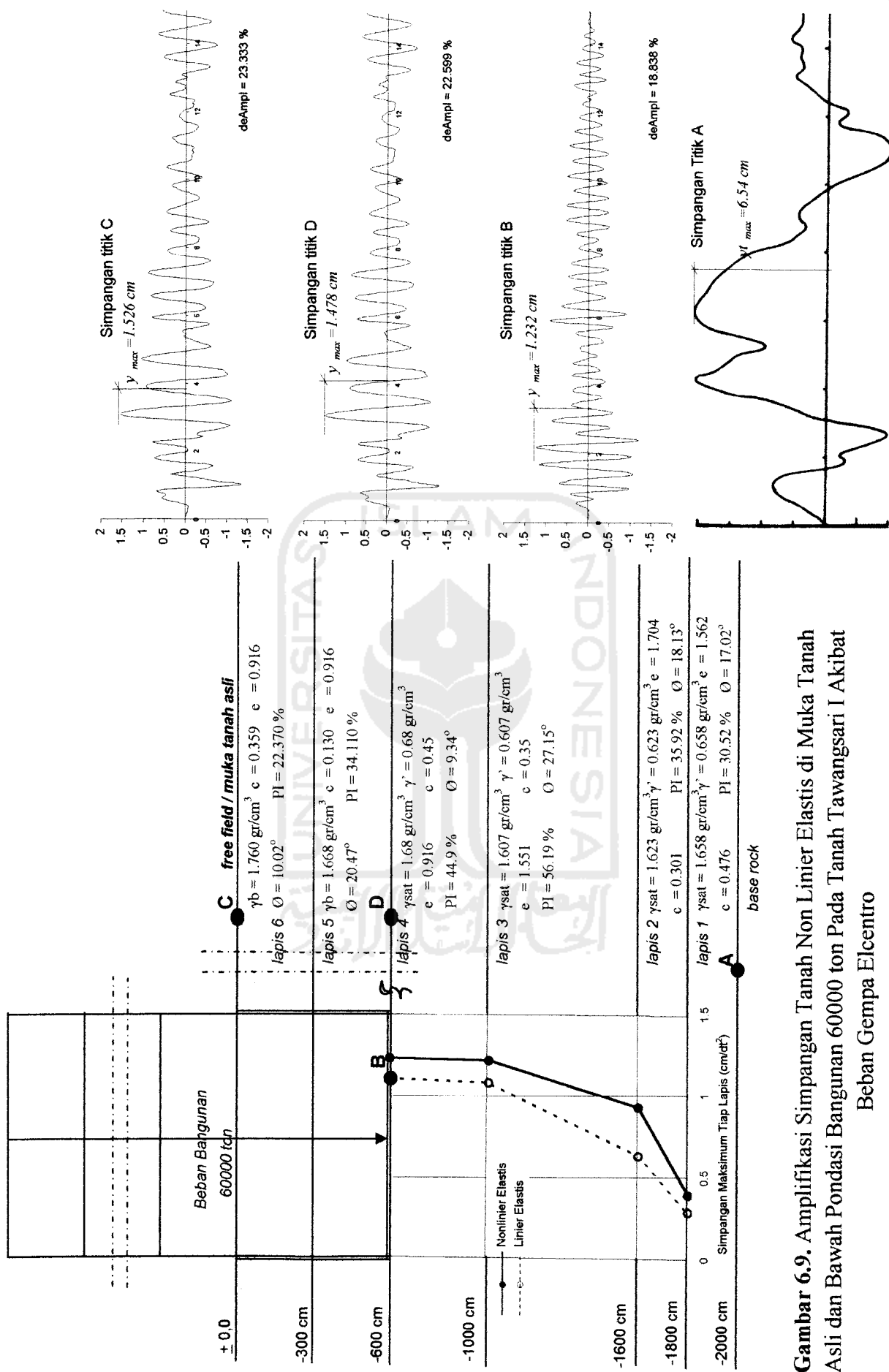


**Gambar 6.7.** Amplifikasi Percepatan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 60000 ton Pada Tanah Tawangsari I Akibat Beban Gempa Elcentro

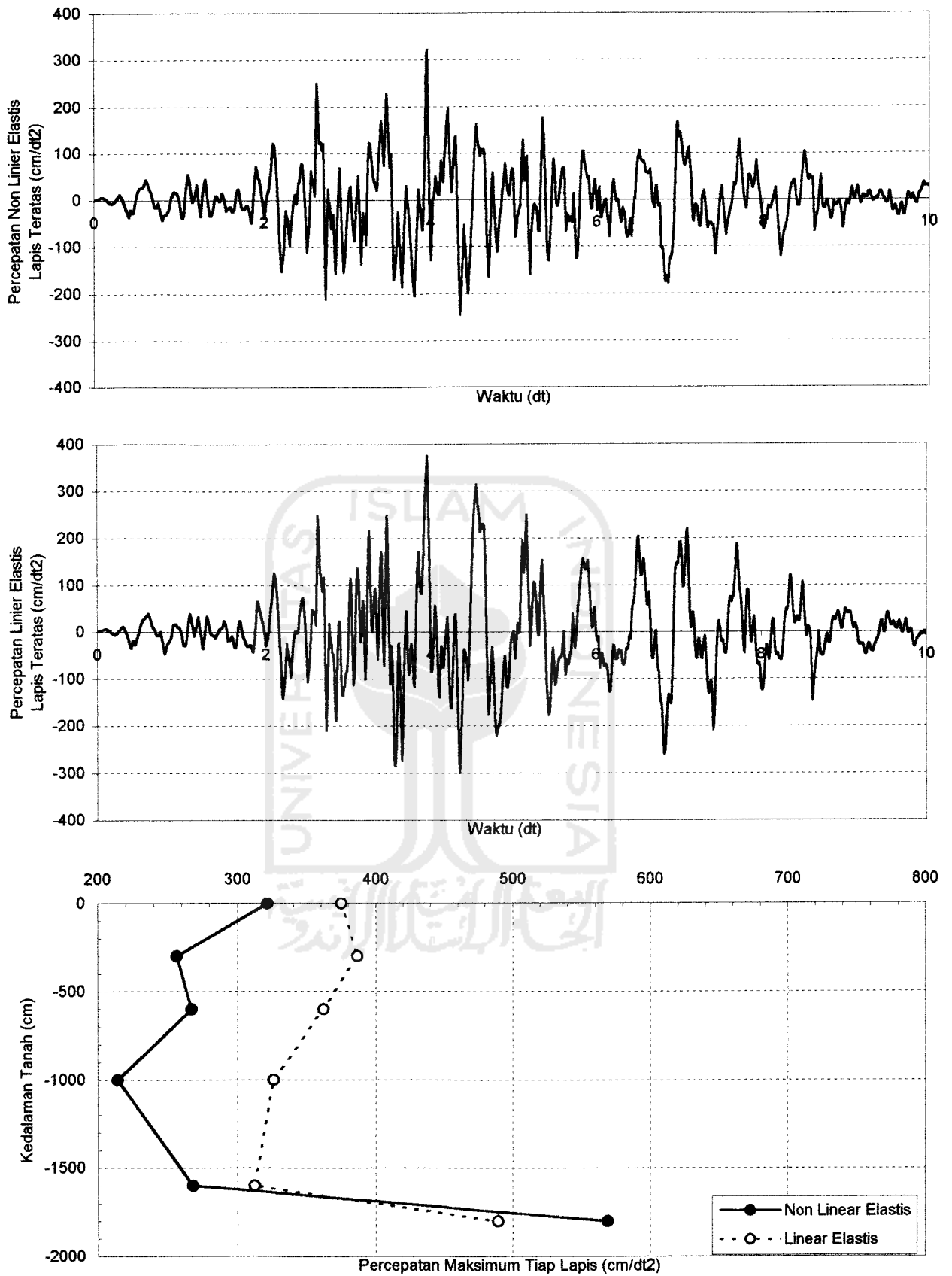


**Gambar 6.8.** Amplifikasi Kecepatan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 60000 ton Pada Tanah Tawangsari I Akibat Beban Gempa Elcentro

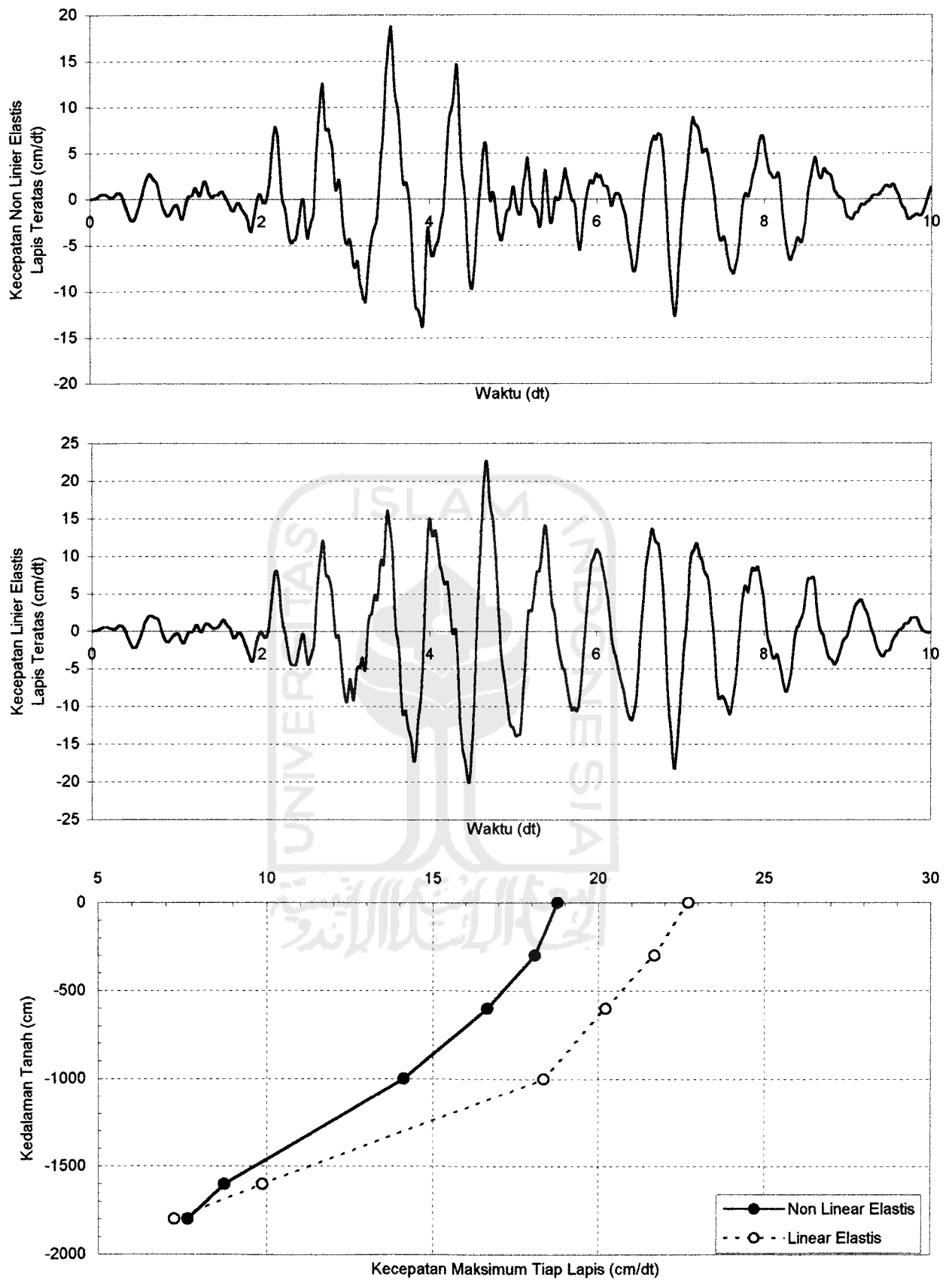




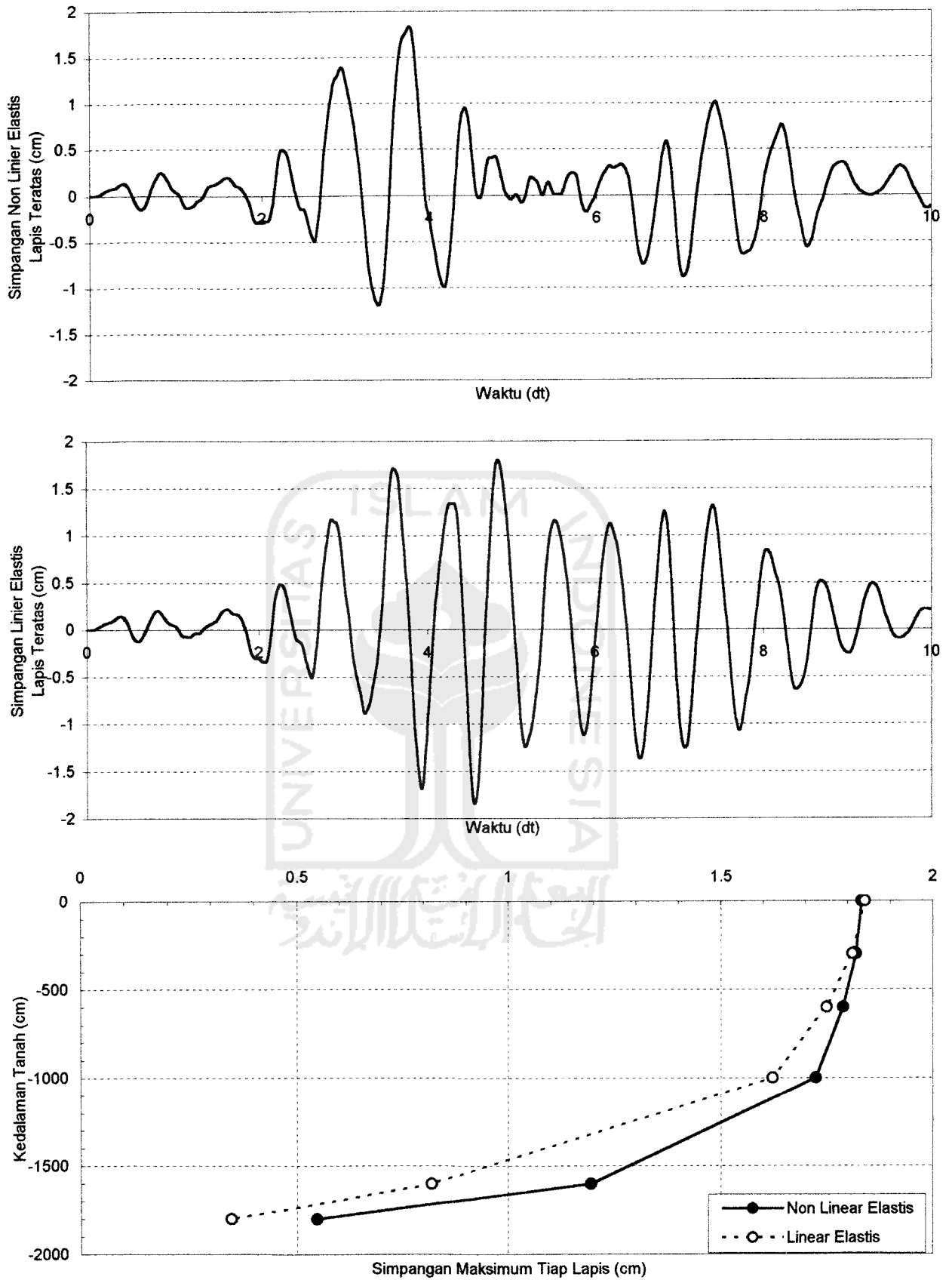
**Gambar 6.9.** Amplifikasi Simpangan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 60000 ton Pada Tanah Tawangsari I Akibat Beban Gempa Elcentro



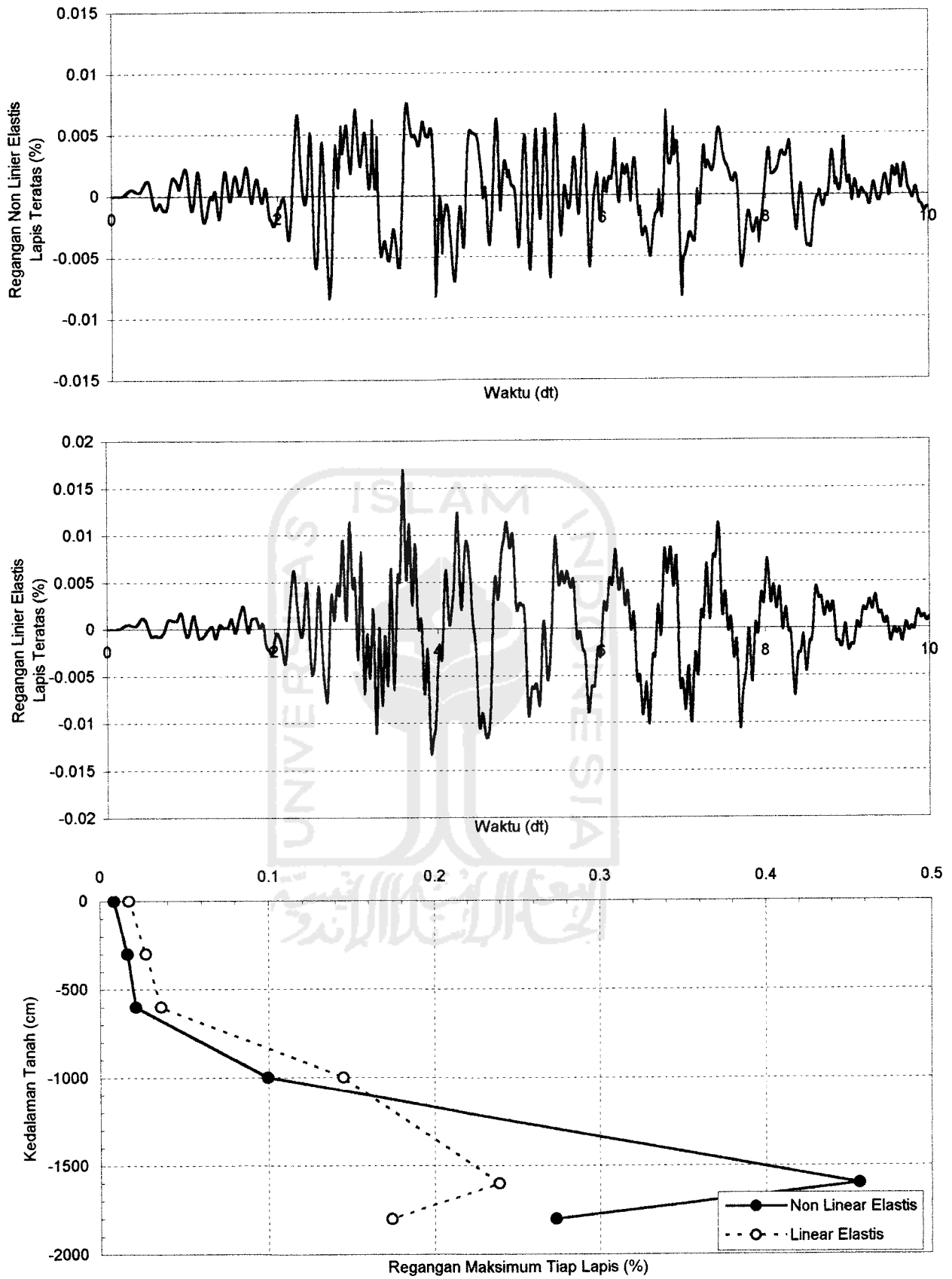
**Grafik 6.23.** Perbandingan Percepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Tanpa Massa Bangunan Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Koyna



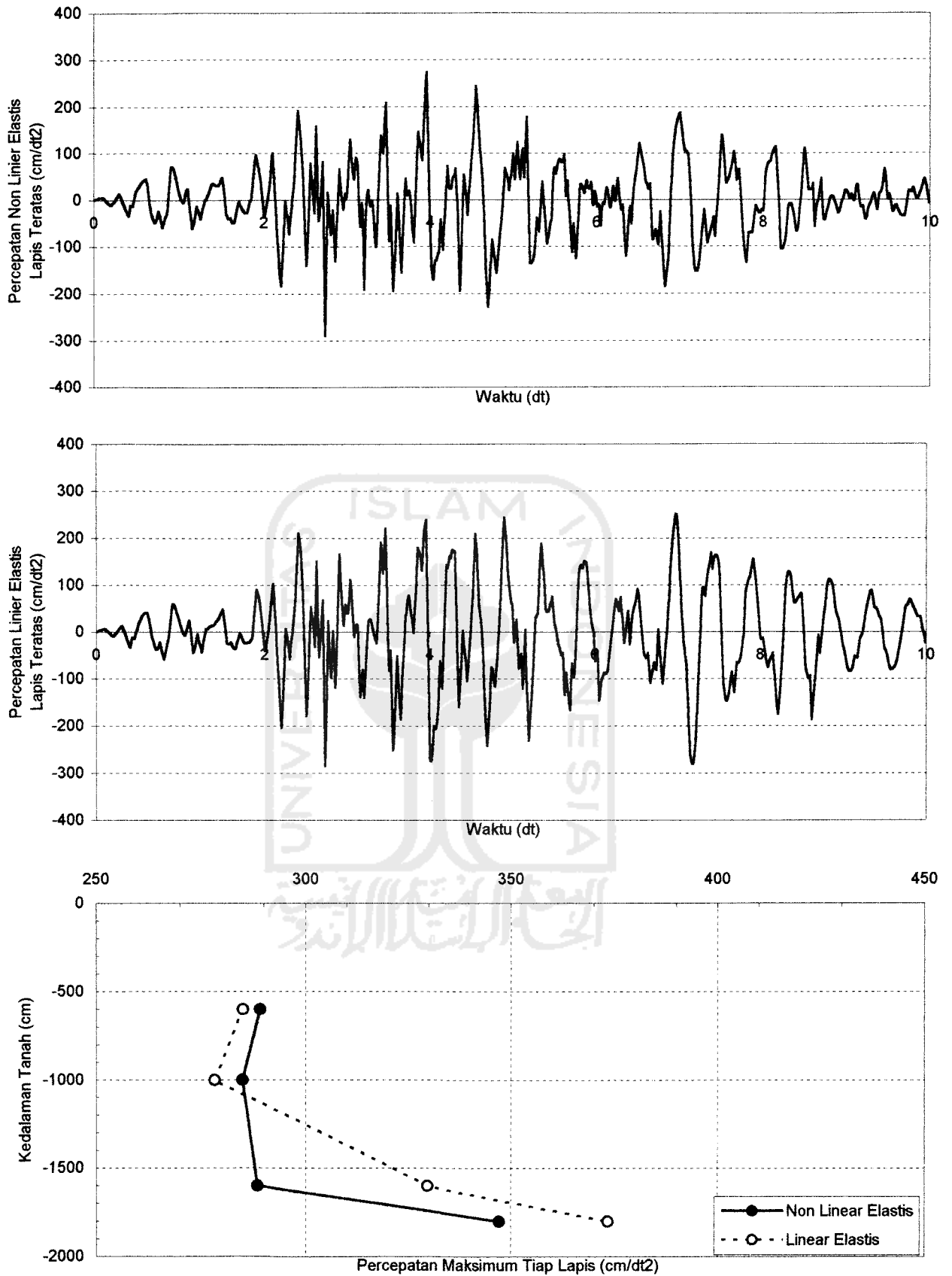
**Grafik 6.24.** Perbandingan Kecepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Tanpa Massa Bangunan Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Koyna



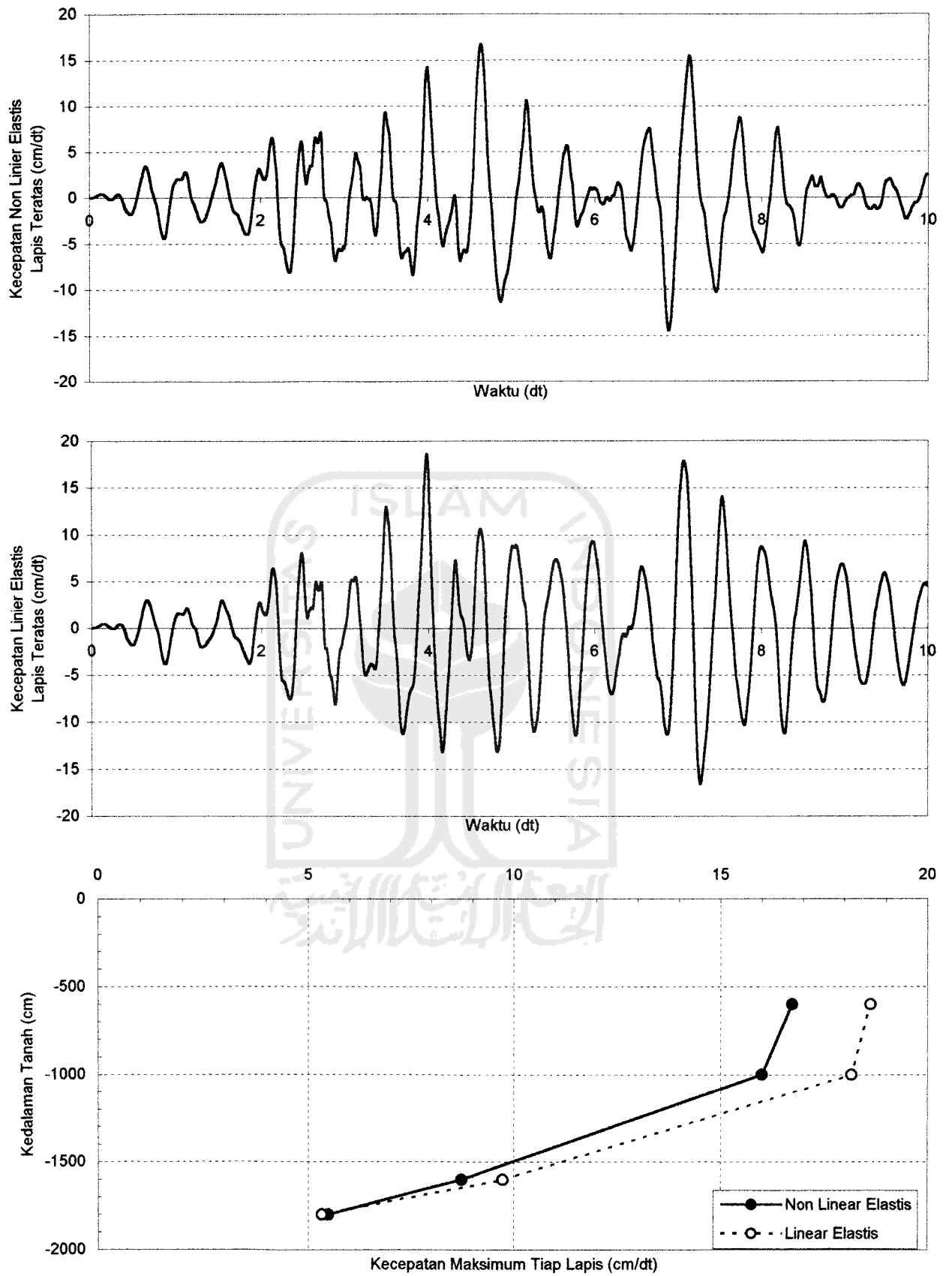
**Grafik 6.25.** Perbandingan Simpangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Tanpa Massa Bangunan Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Koyna



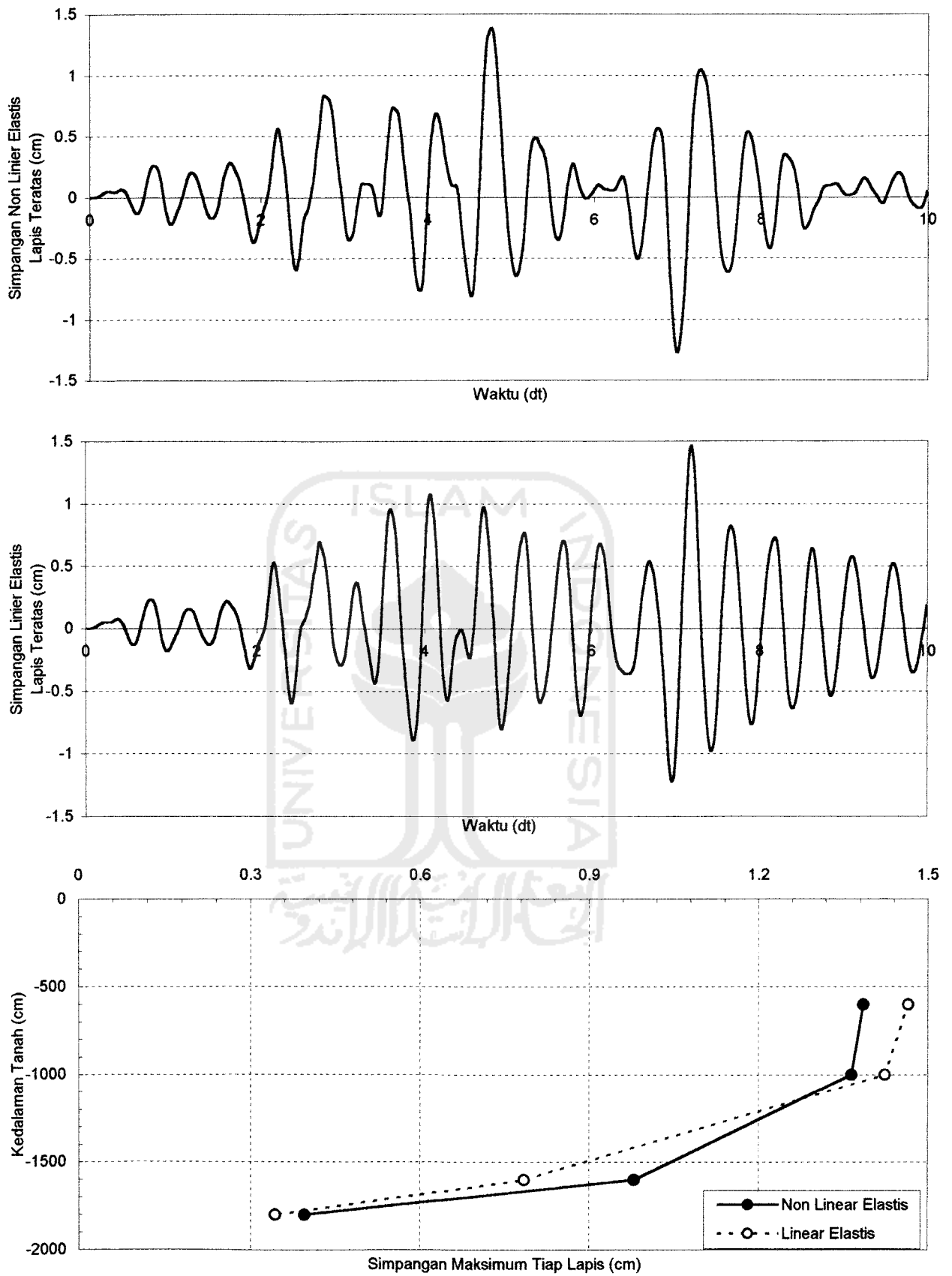
**Grafik 6.26.** Perbandingan Regangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Tanpa Massa Bangunan Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Koyna



**Grafik 6.27.** Perbandingan Percepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Koyna

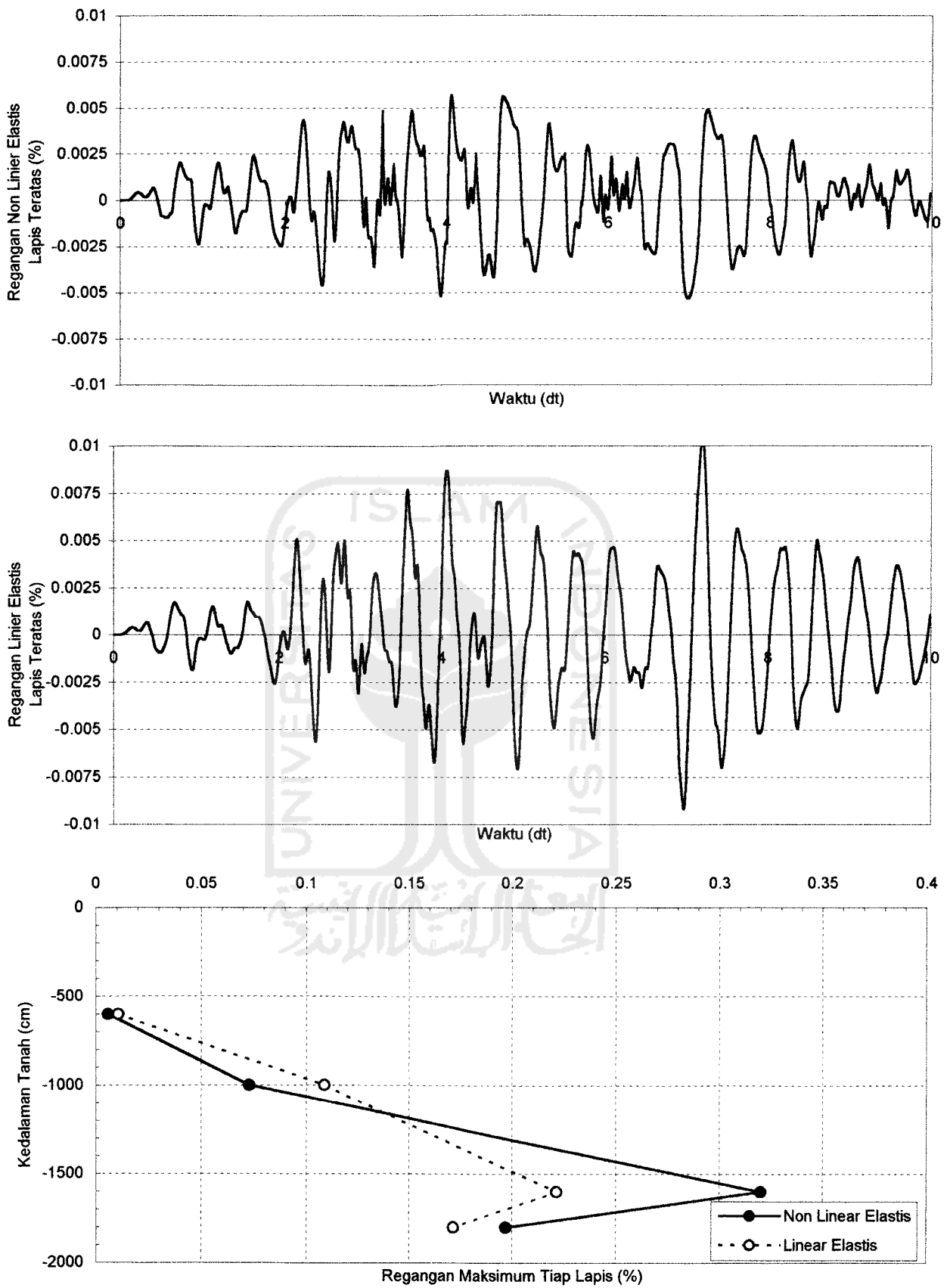


**Grafik 6.28.** Perbandingan Kecepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Koyna

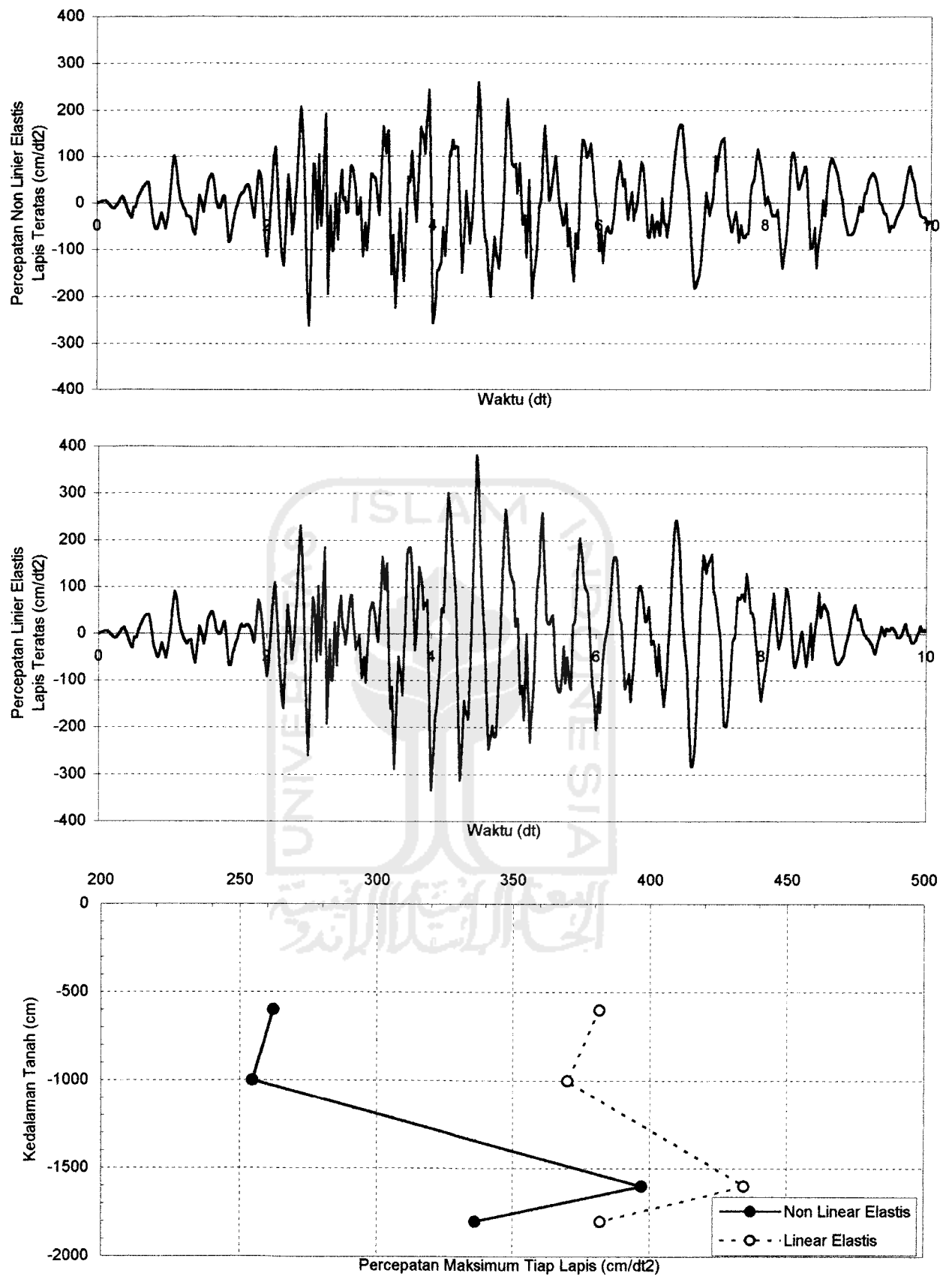


**Grafik 6.29.** Perbandingan Simpangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Koyna

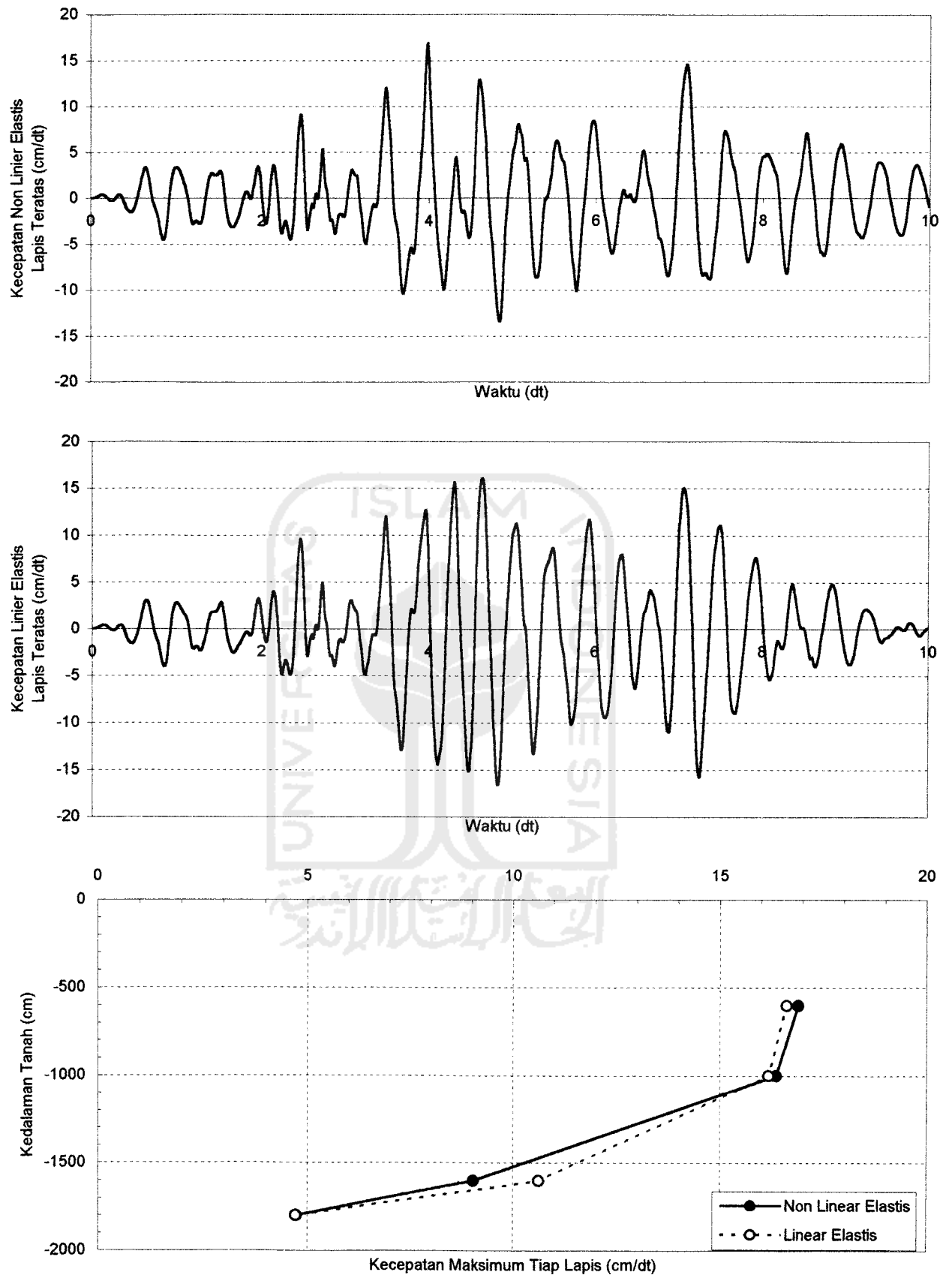




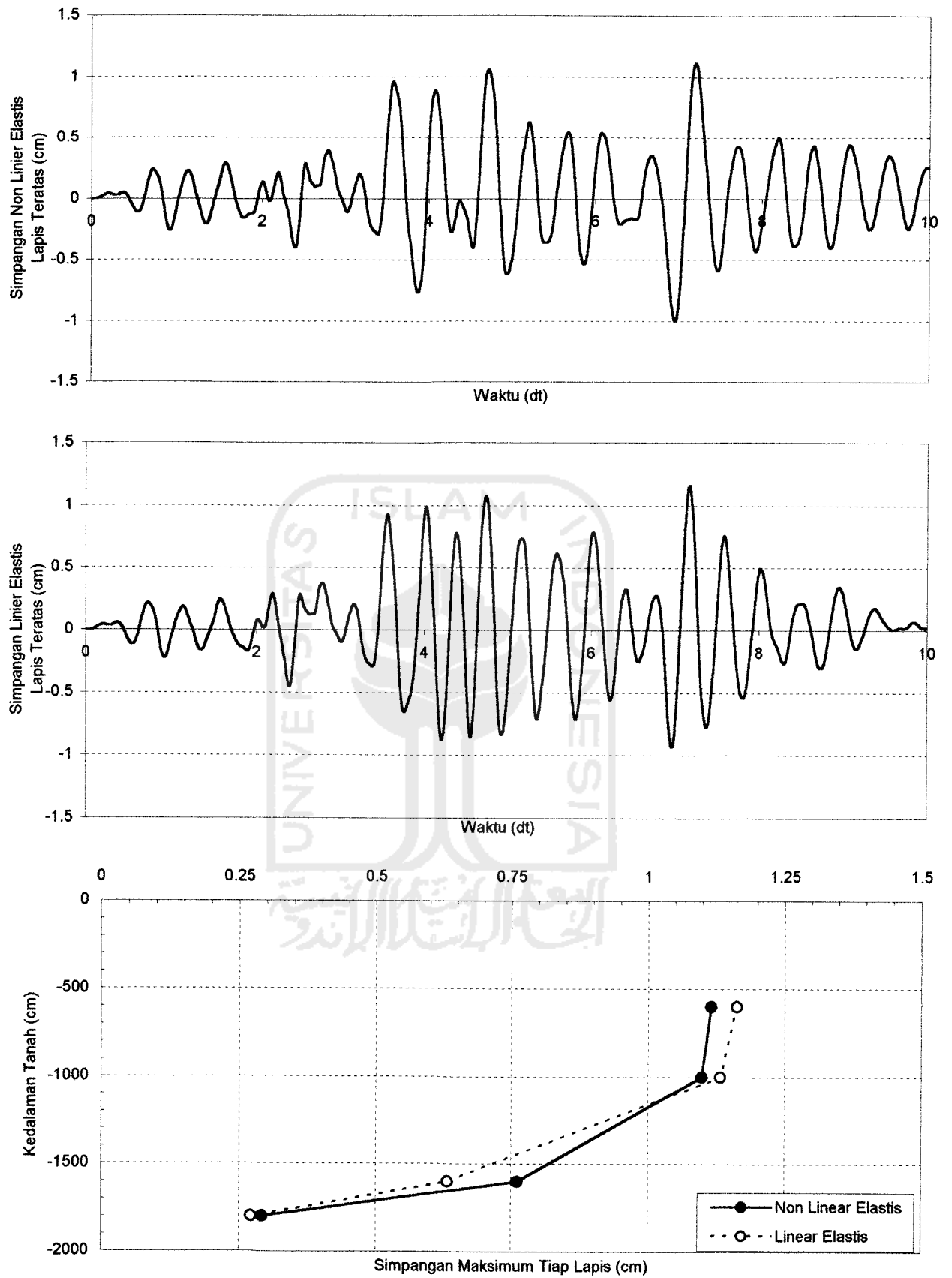
**Grafik 6.30.** Perbandingan Regangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Koyna



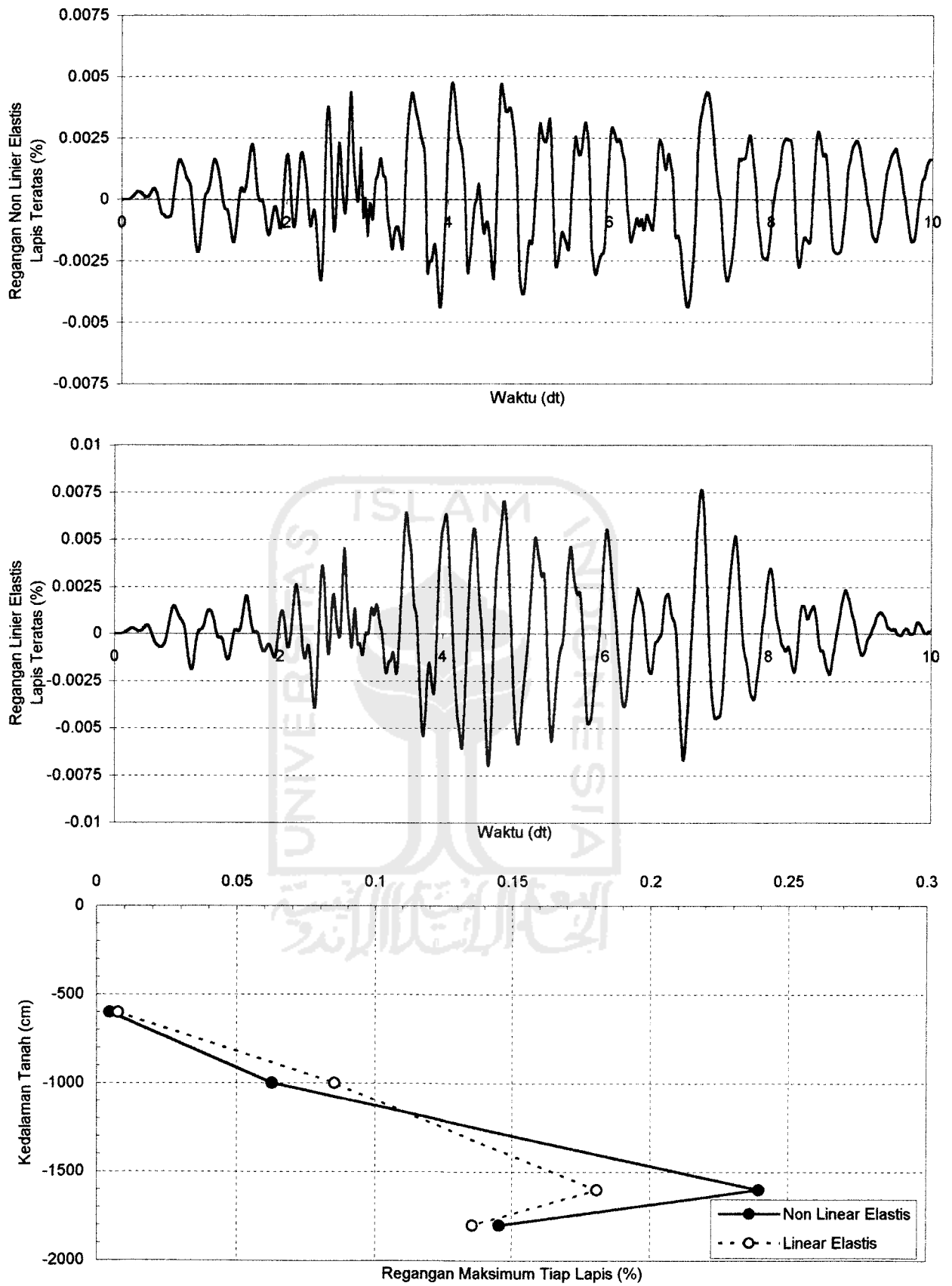
**Grafik 6.31.** Perbandingan Percepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Koyna



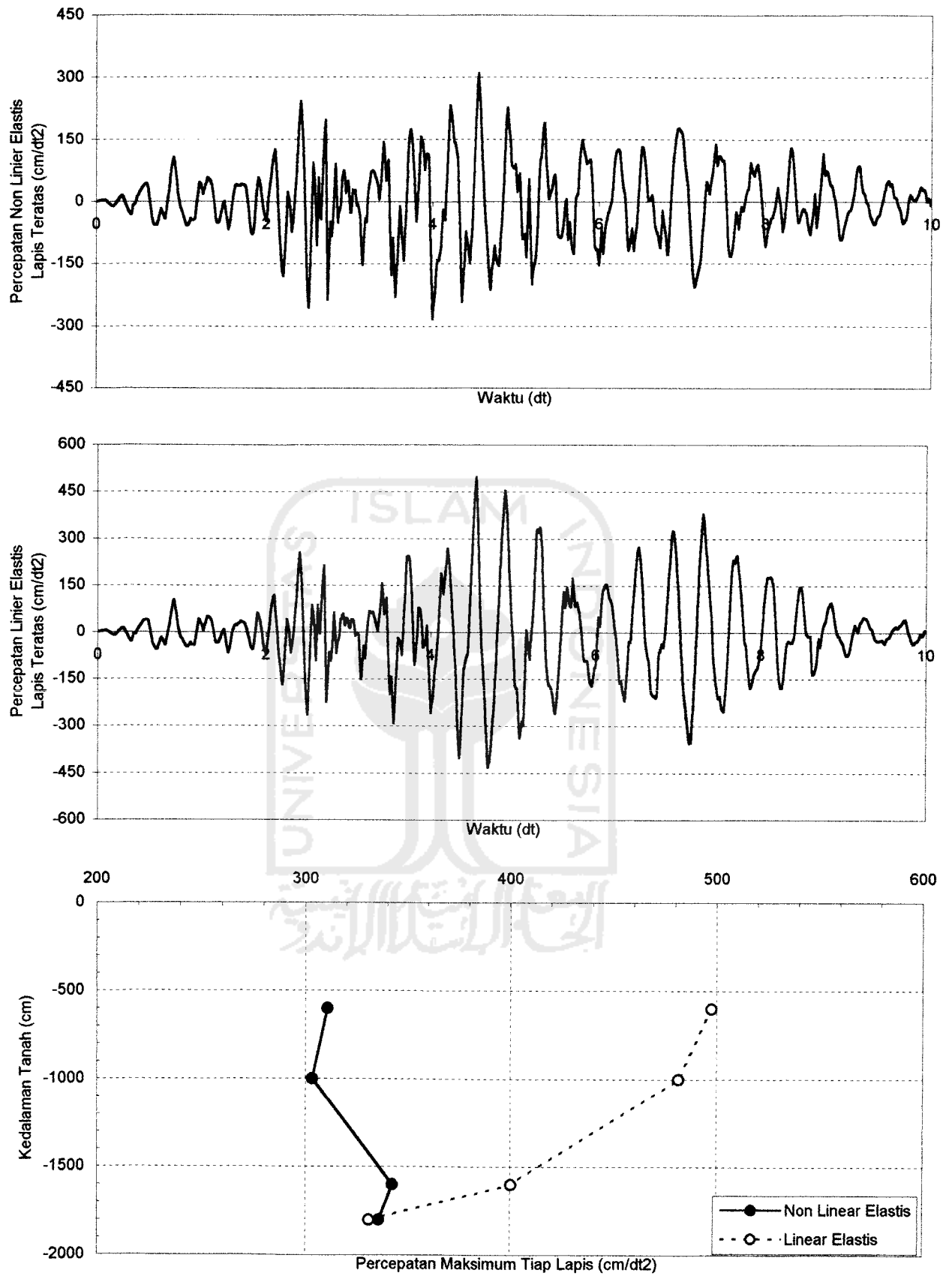
**Grafik 6.32.** Perbandingan Kecepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Koyna



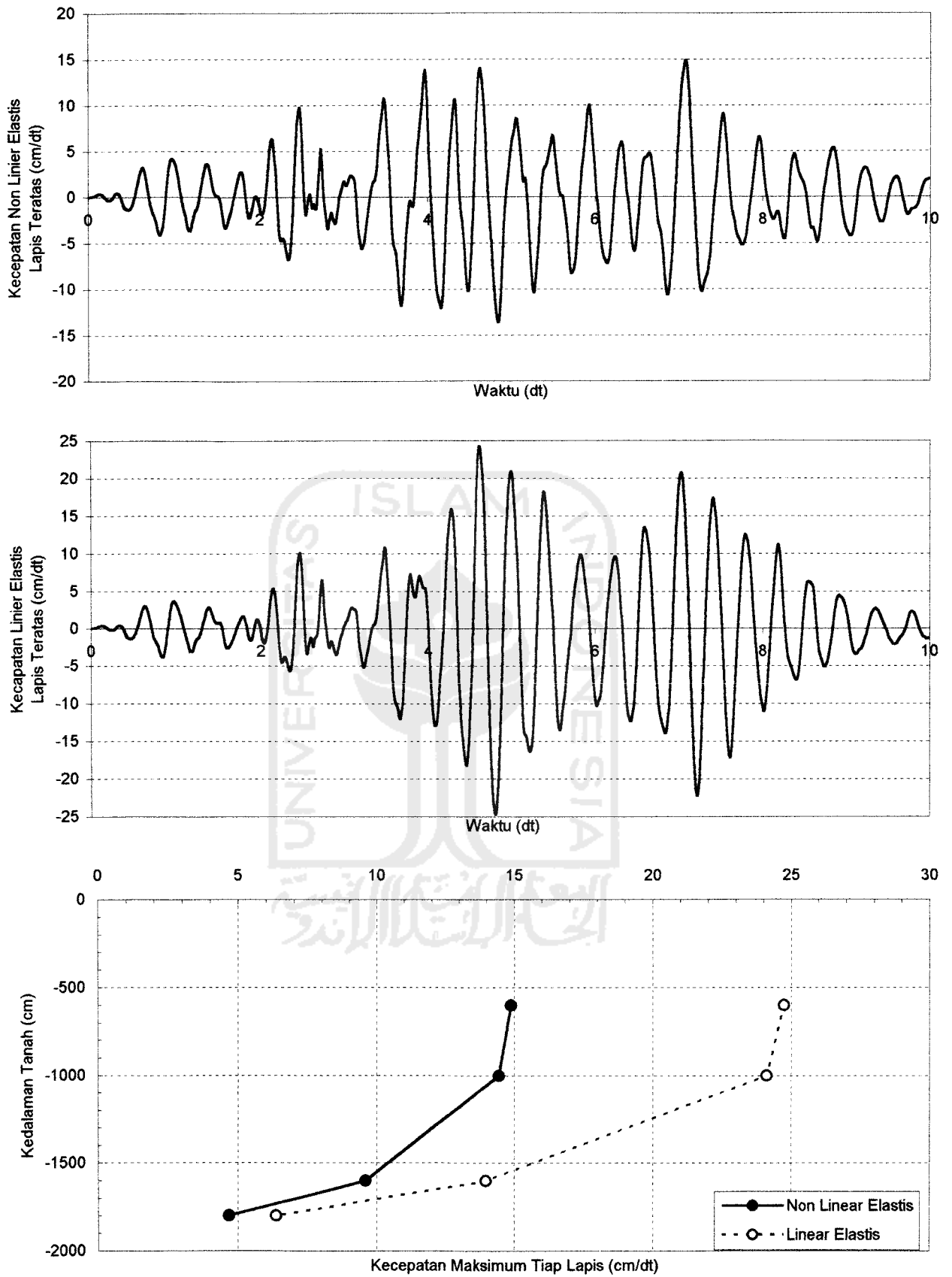
**Grafik 6.33.** Perbandingan Simpangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Koyna



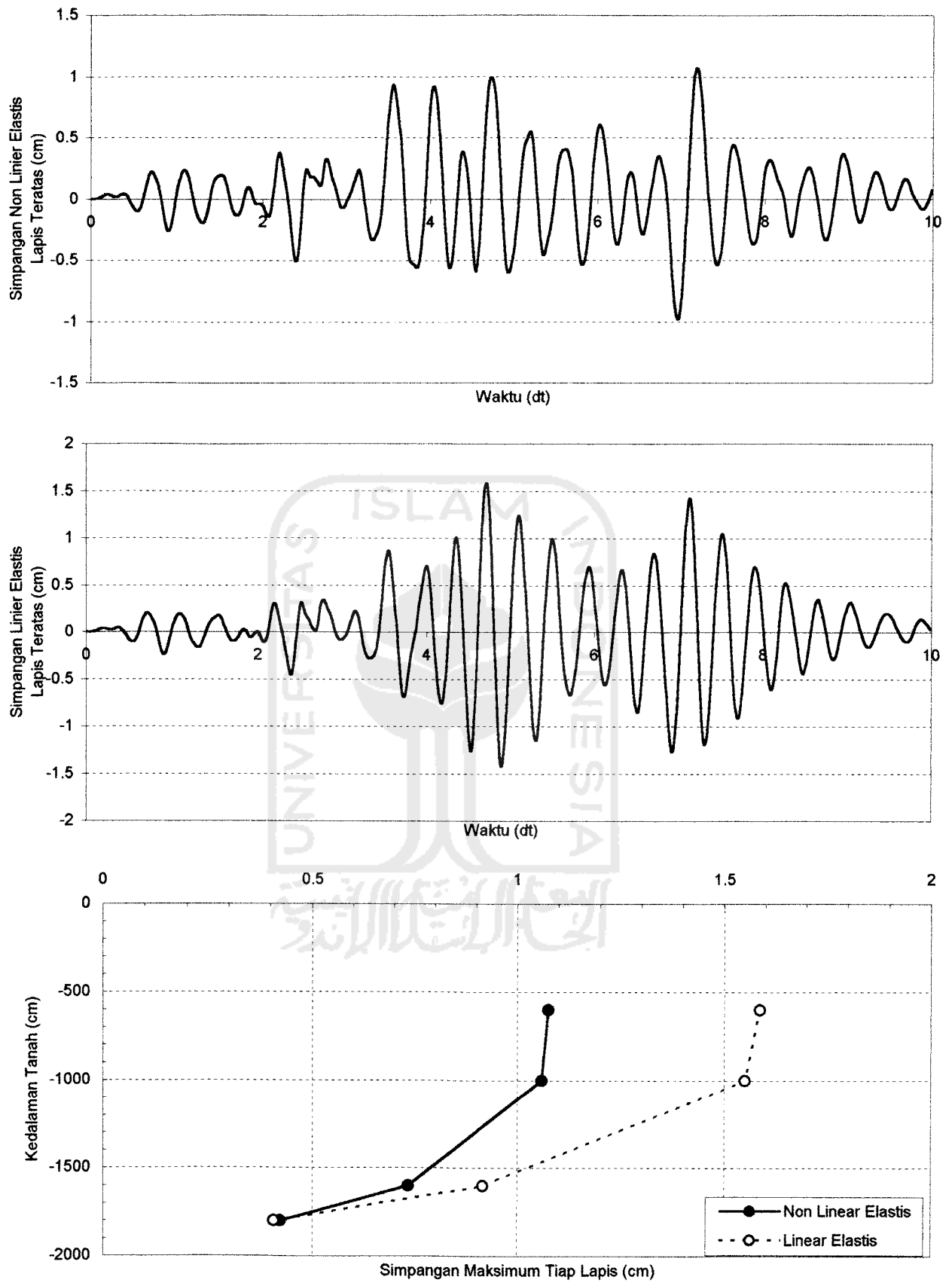
**Grafik 6.34.** Perbandingan Regangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Koyana



**Grafik 6.35.** Perbandingan Percepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Koyna

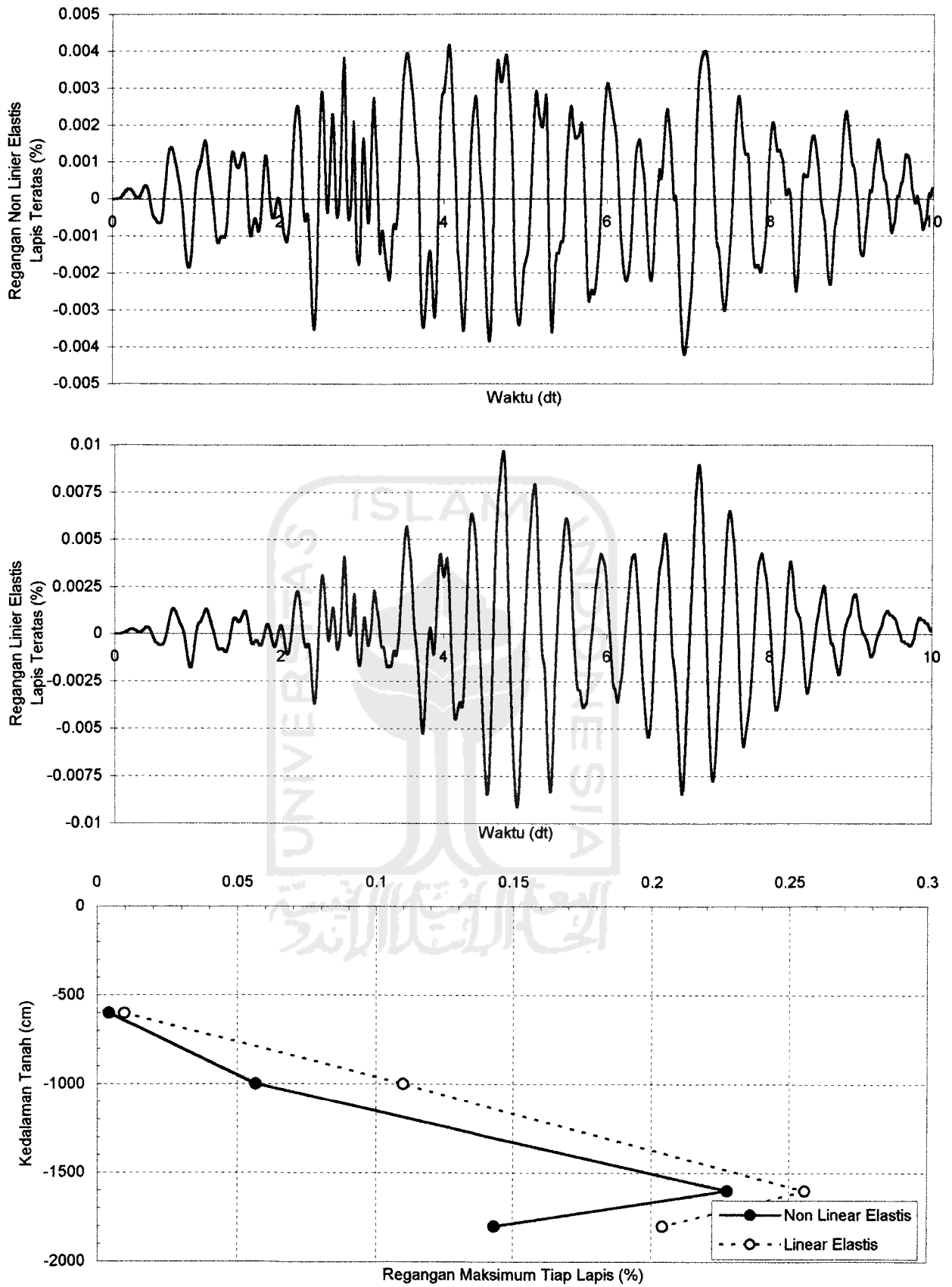


**Grafik 6.36.** Perbandingan Kecepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Koyna

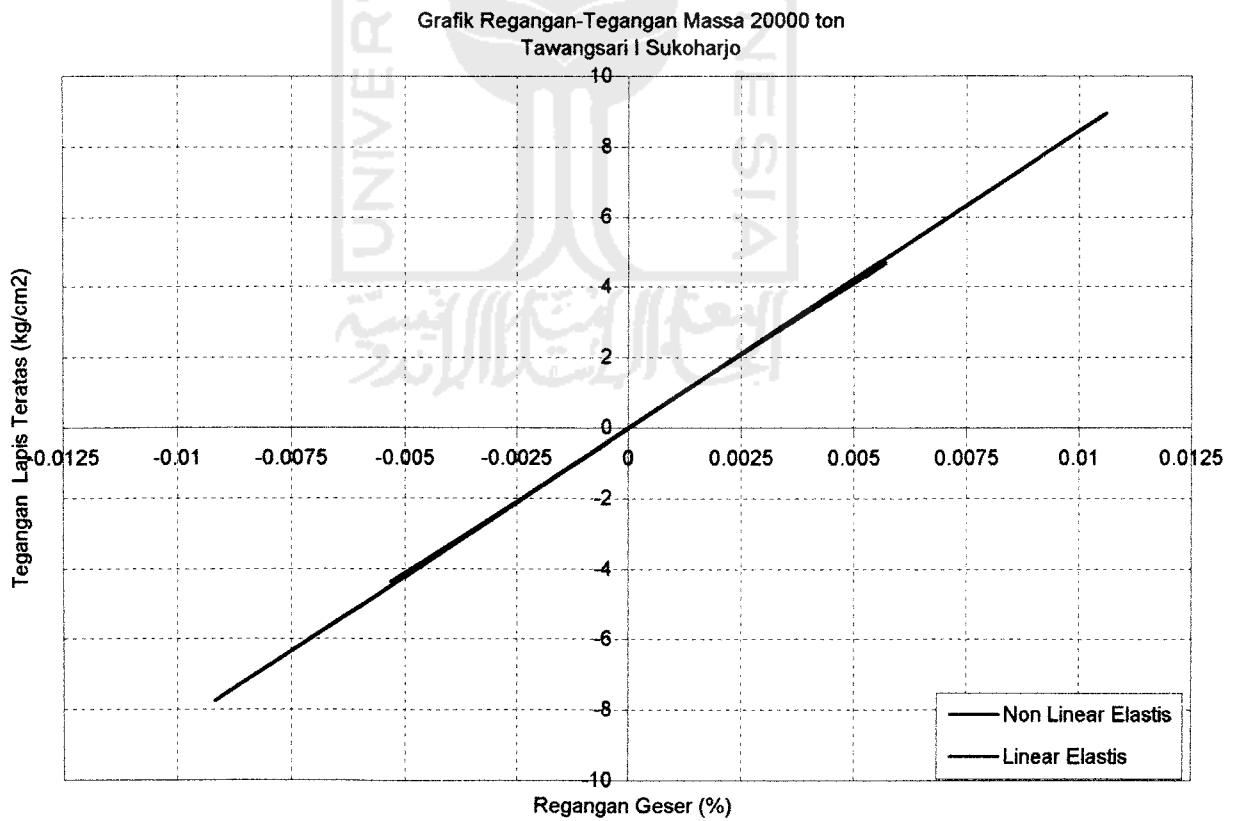
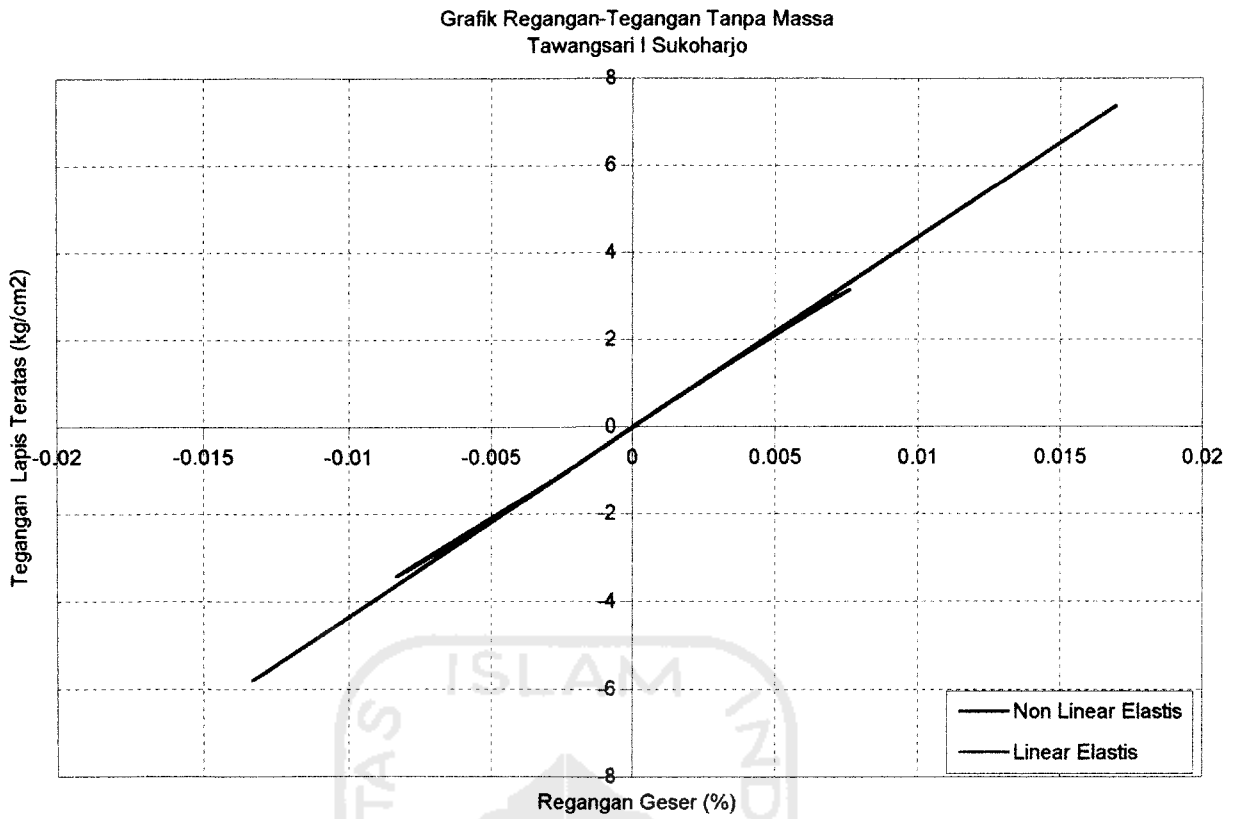


**Grafik 6.37.** Perbandingan Simpangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawangarsi I Sukoharjo Akibat Gempa Koyna

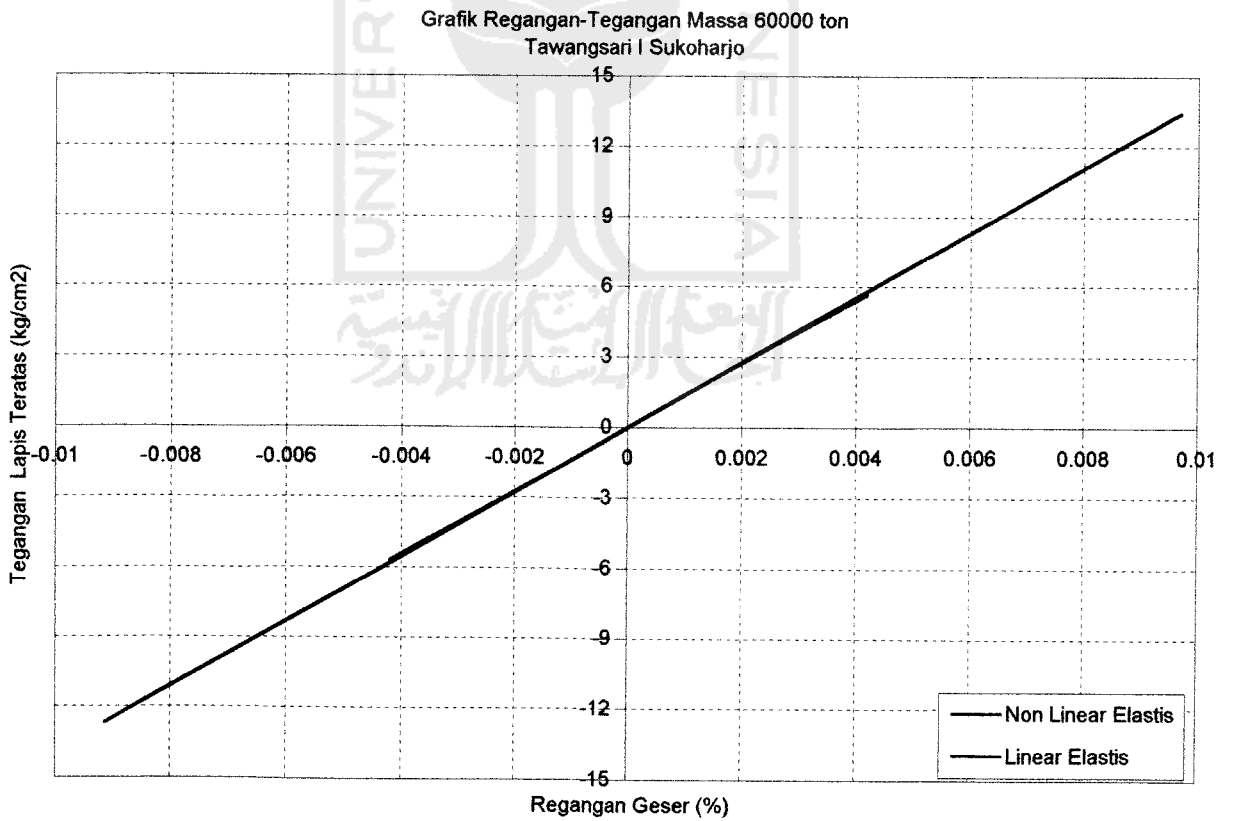
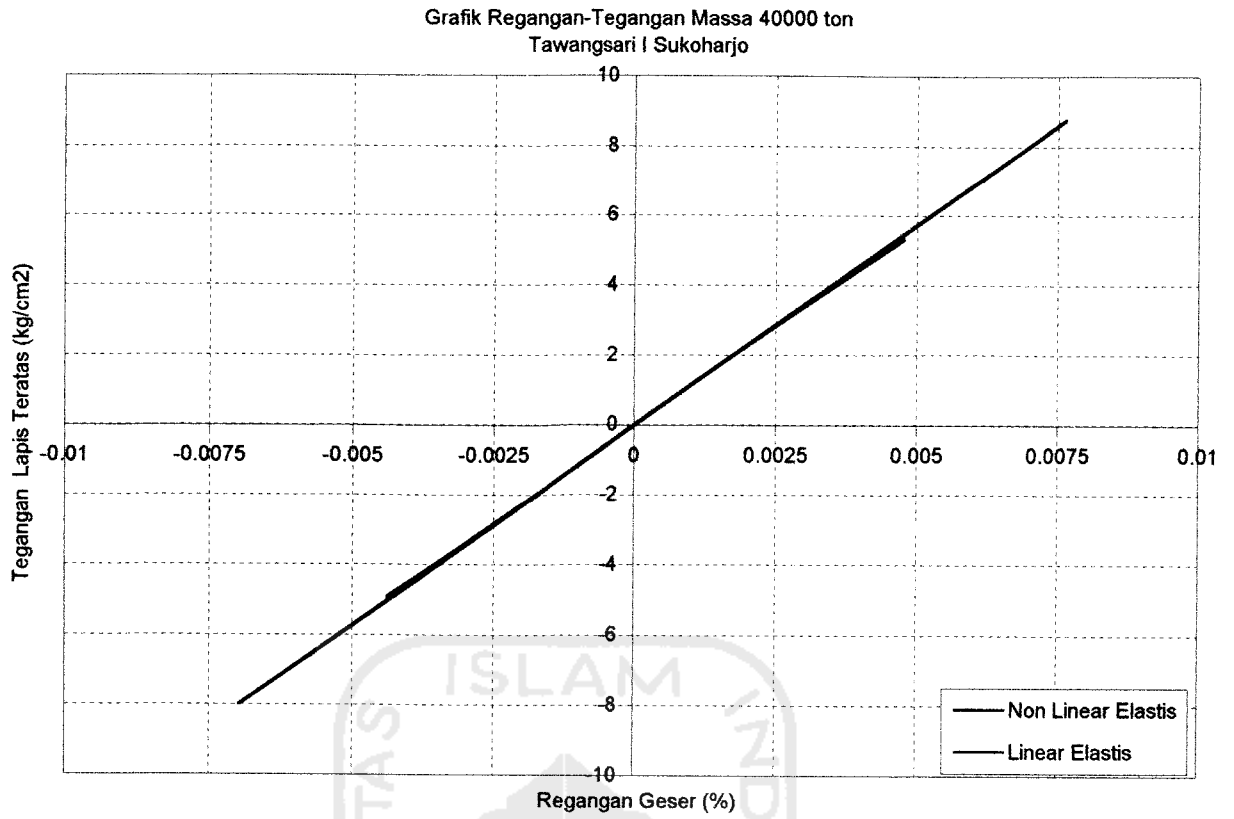




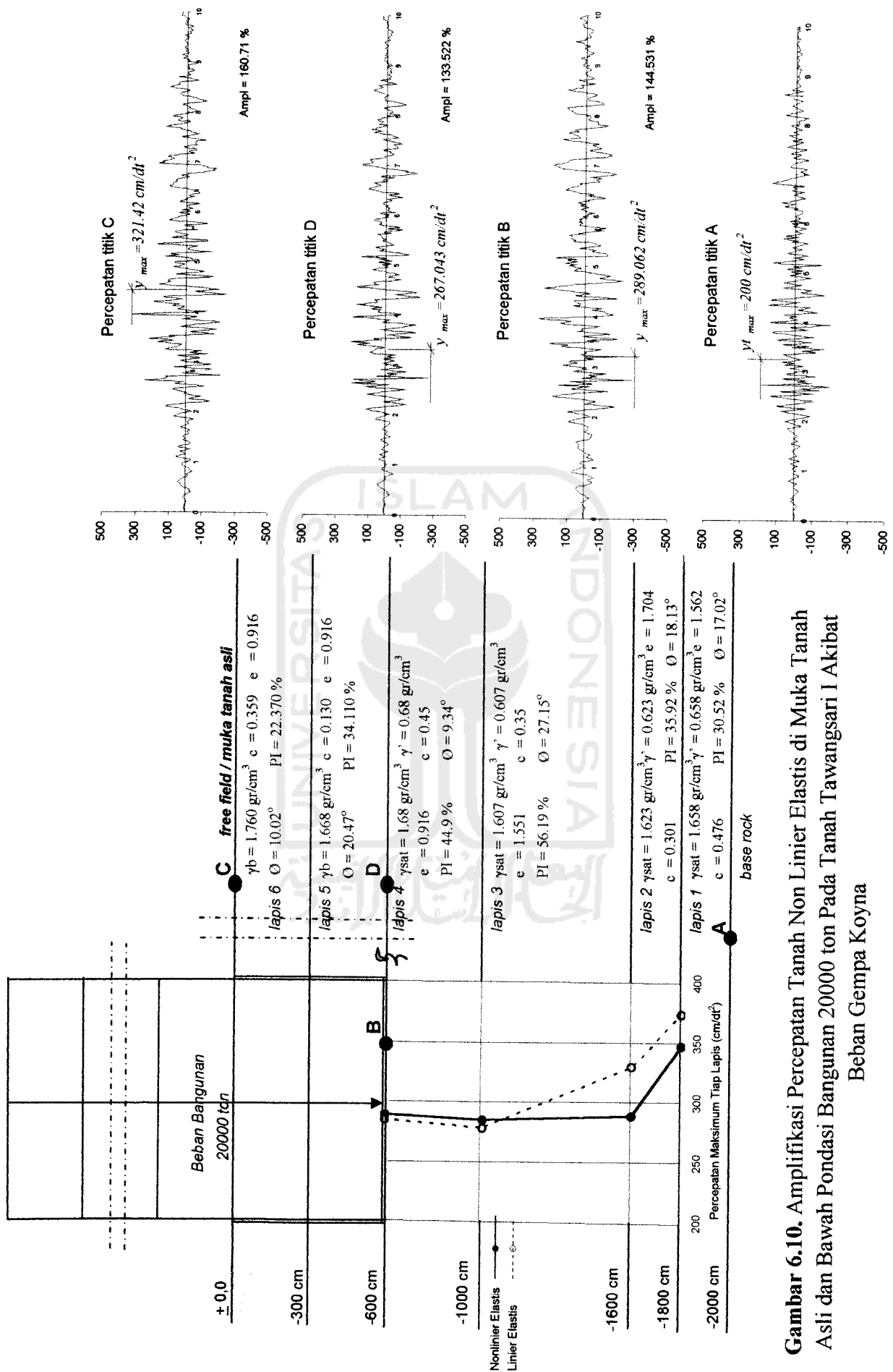
**Grafik 6.38.** Perbandingan Regangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Koyna



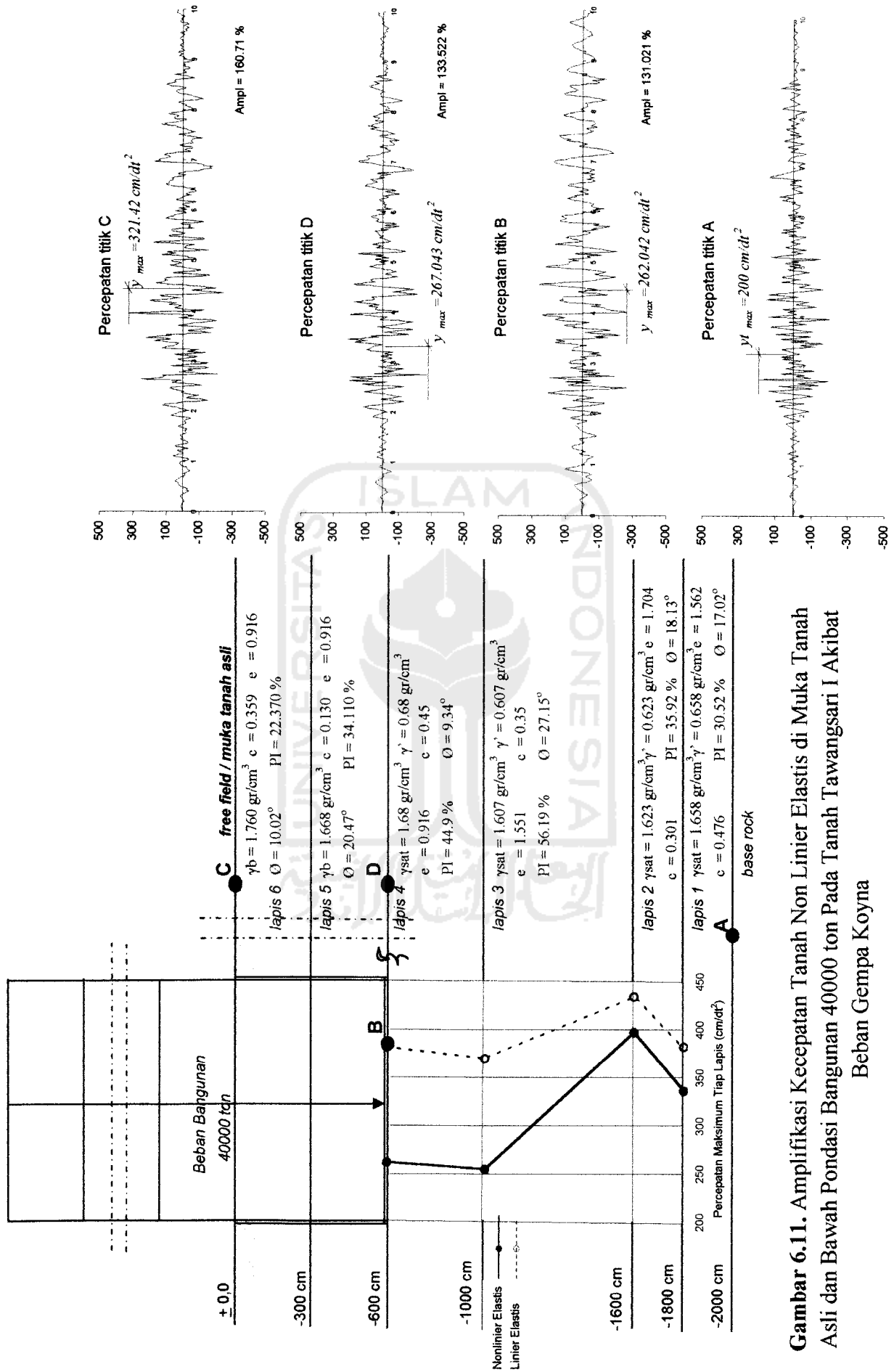
**Grafik 6.39.** Perbandingan Regangan-Tegangan Tanah Non Linier dan Linier Elastis Tanpa Massa dan Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Koyna



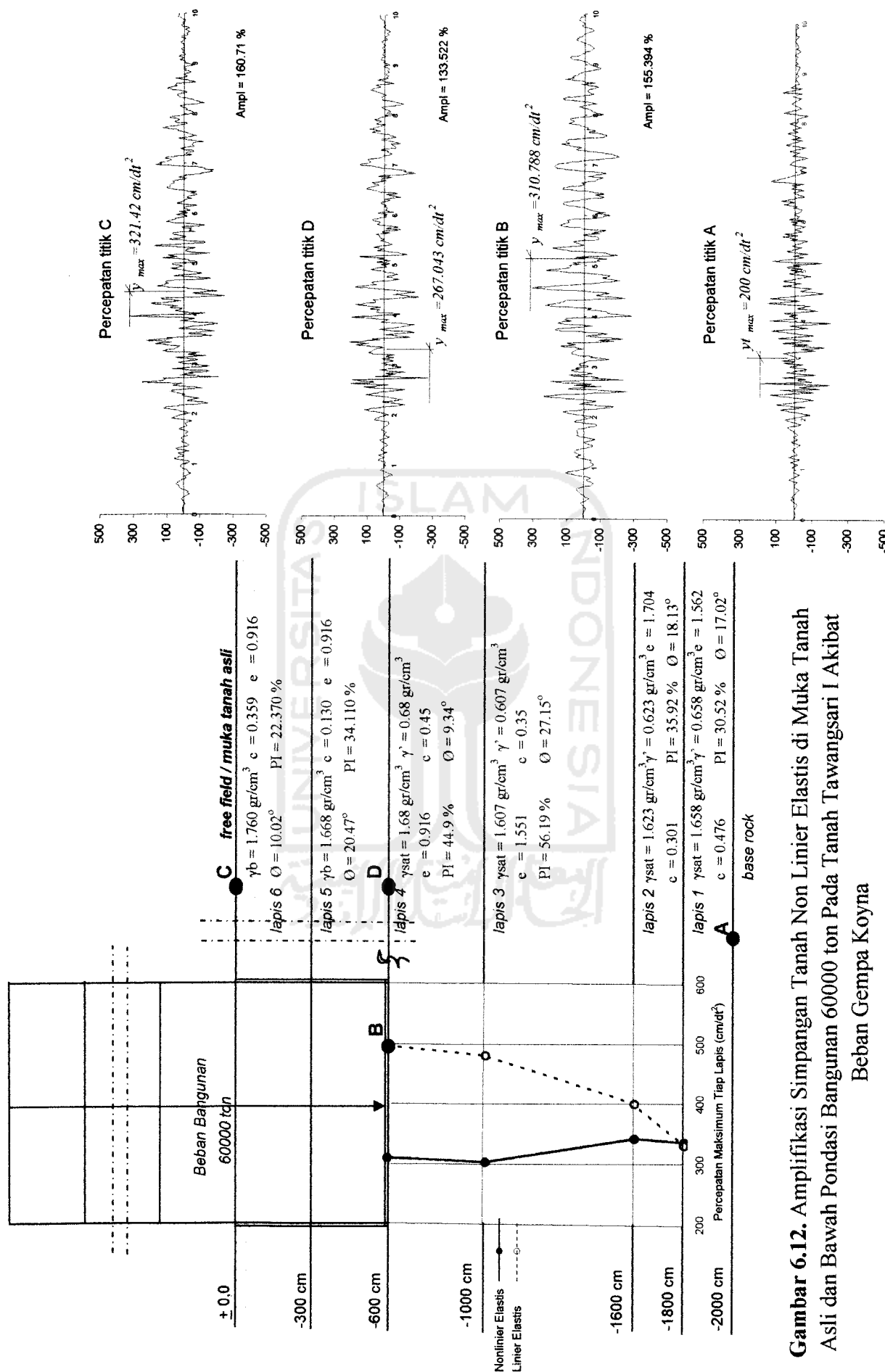
**Grafik 6.40.** Perbandingan Regangan-Tegangan Tanah Non Linier dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton dan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Koyna



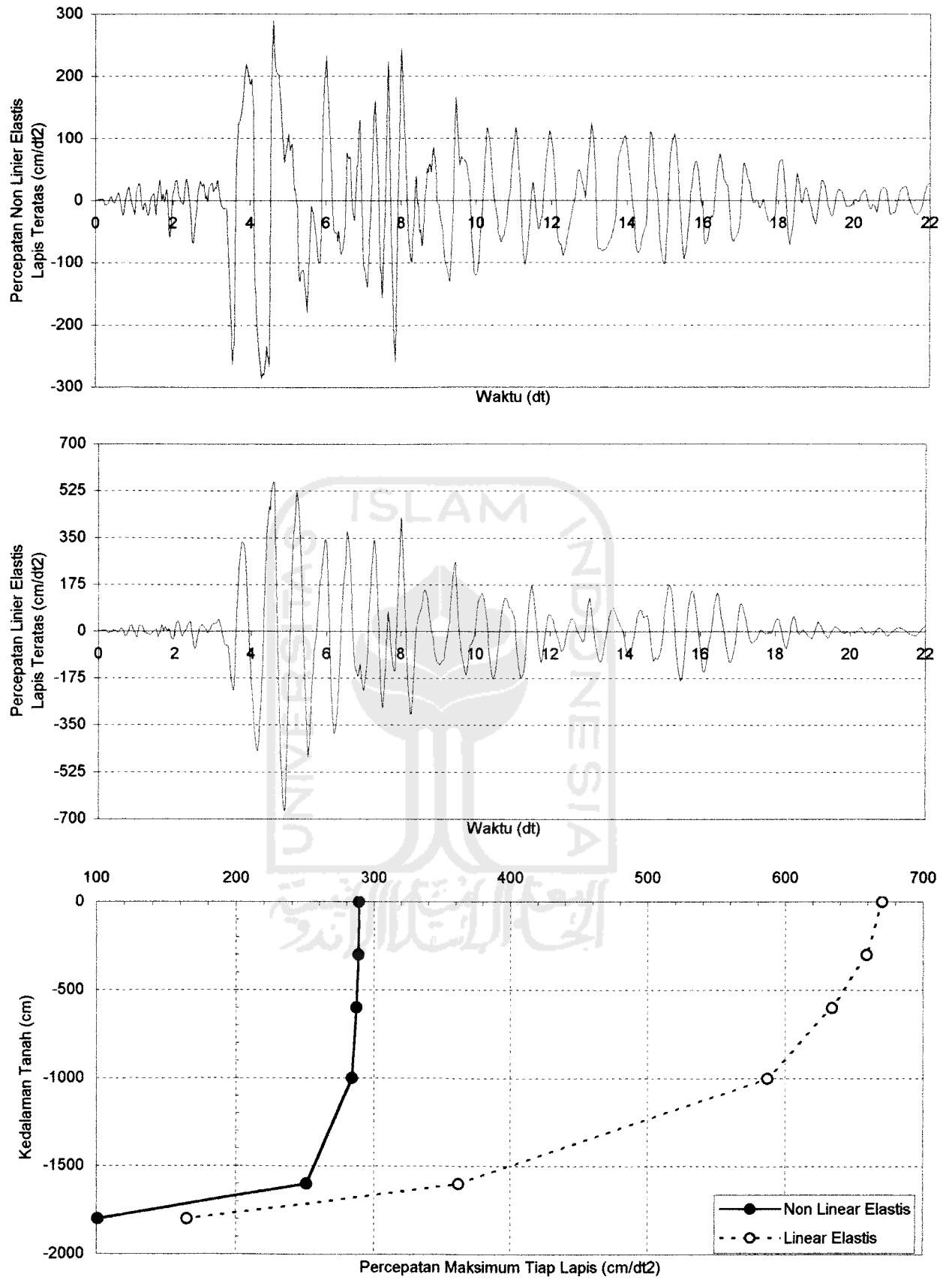
**Gambar 6.10.** Amplifikasi Percepatan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 20000 ton Pada Tanah Tawangsari I Akibat Beban Gempa Koyna



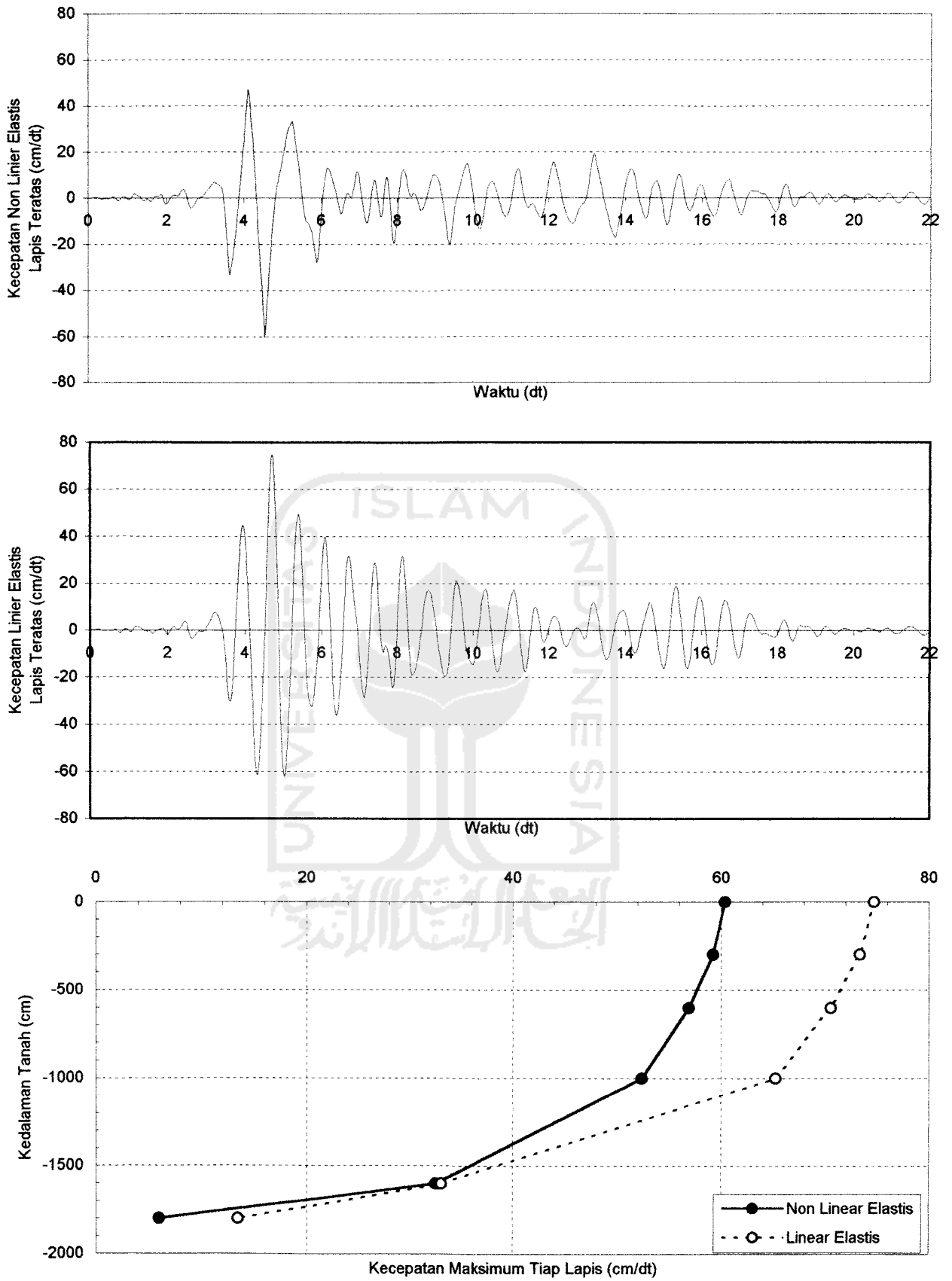
**Gambar 6.11.** Amplifikasi Kecepatan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 40000 ton Pada Tanah Tawangsari I Akibat Beban Gempa Koyna



**Gambar 6.12.** Amplifikasi Simpangan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 60000 ton Pada Tanah Tawangsari I Akibat Beban Gempa Koyna

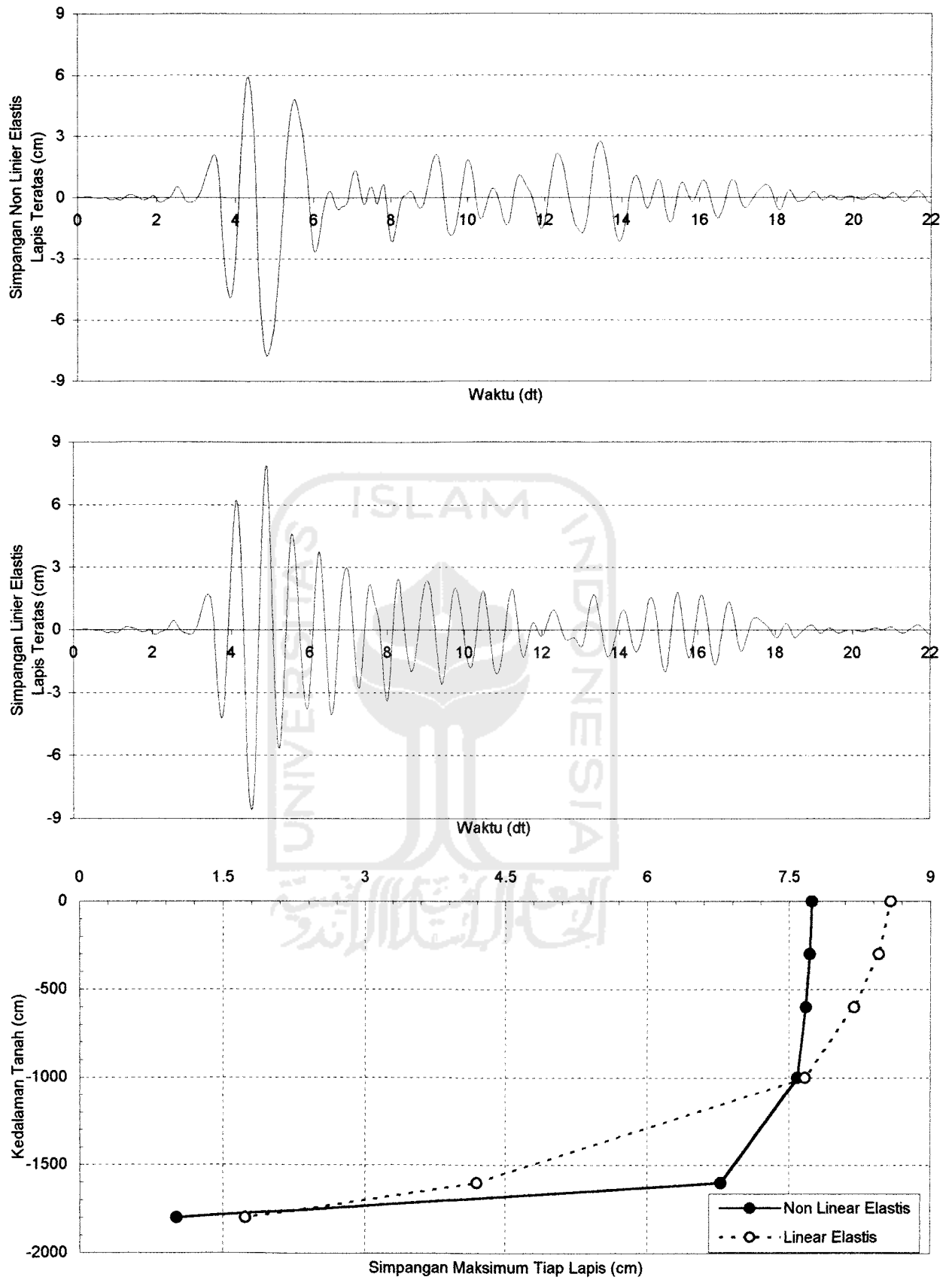


**Grafik 6.41.** Perbandingan Percepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Tanpa Massa Bangunan Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Kobe

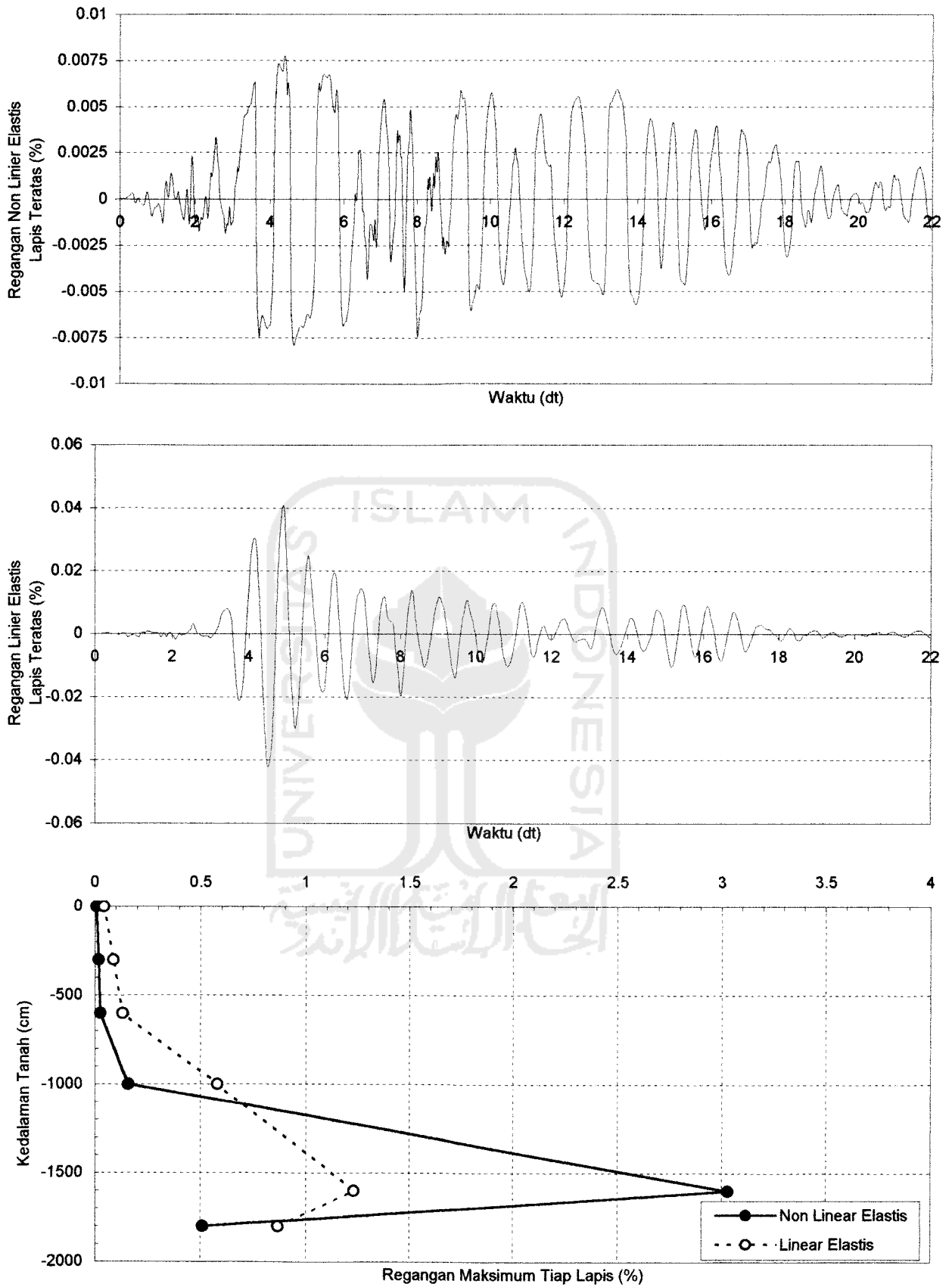


**Grafik 6.42.** Perbandingan Kecepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Tanpa Massa Bangunan Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Kobe

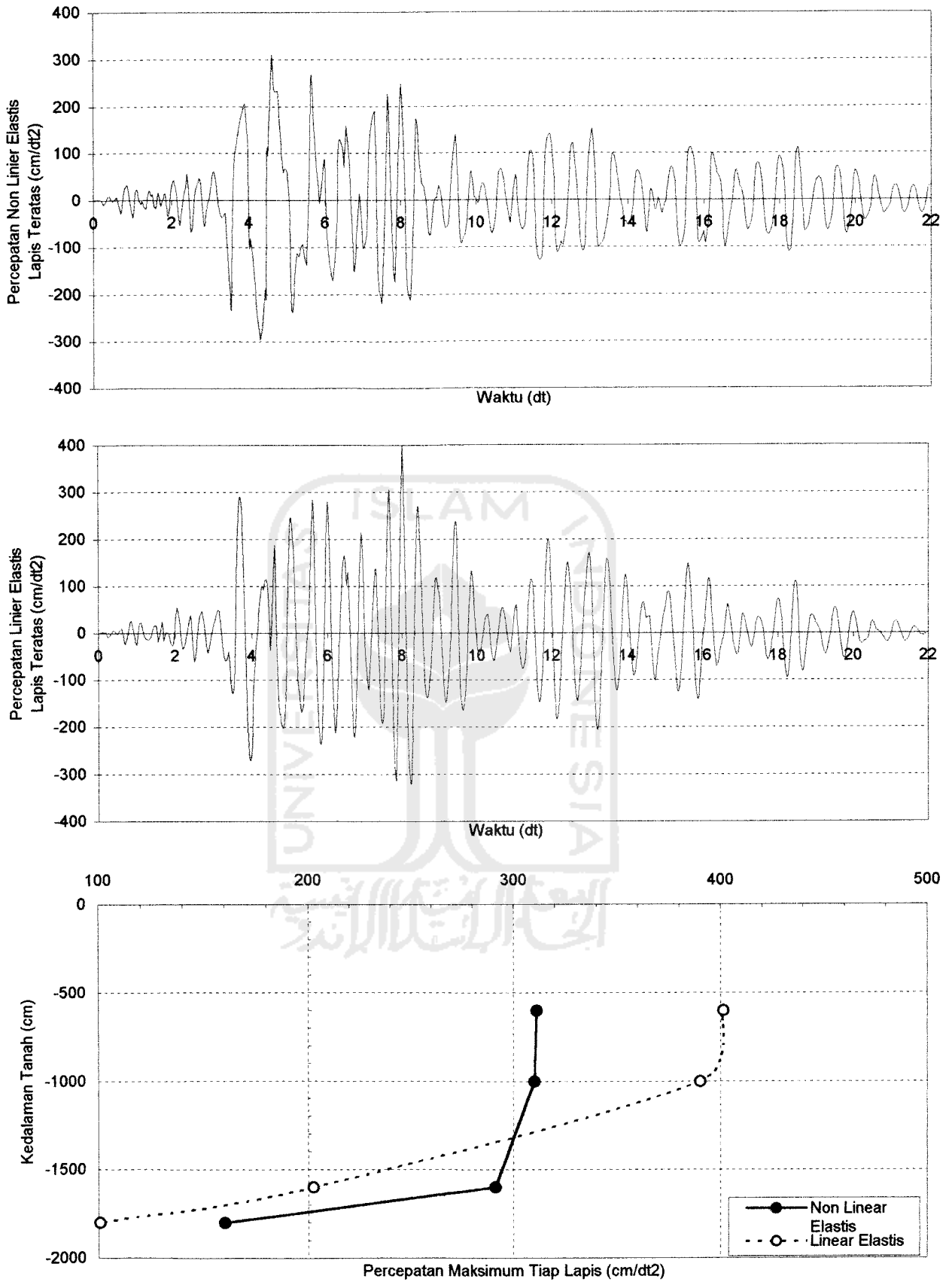




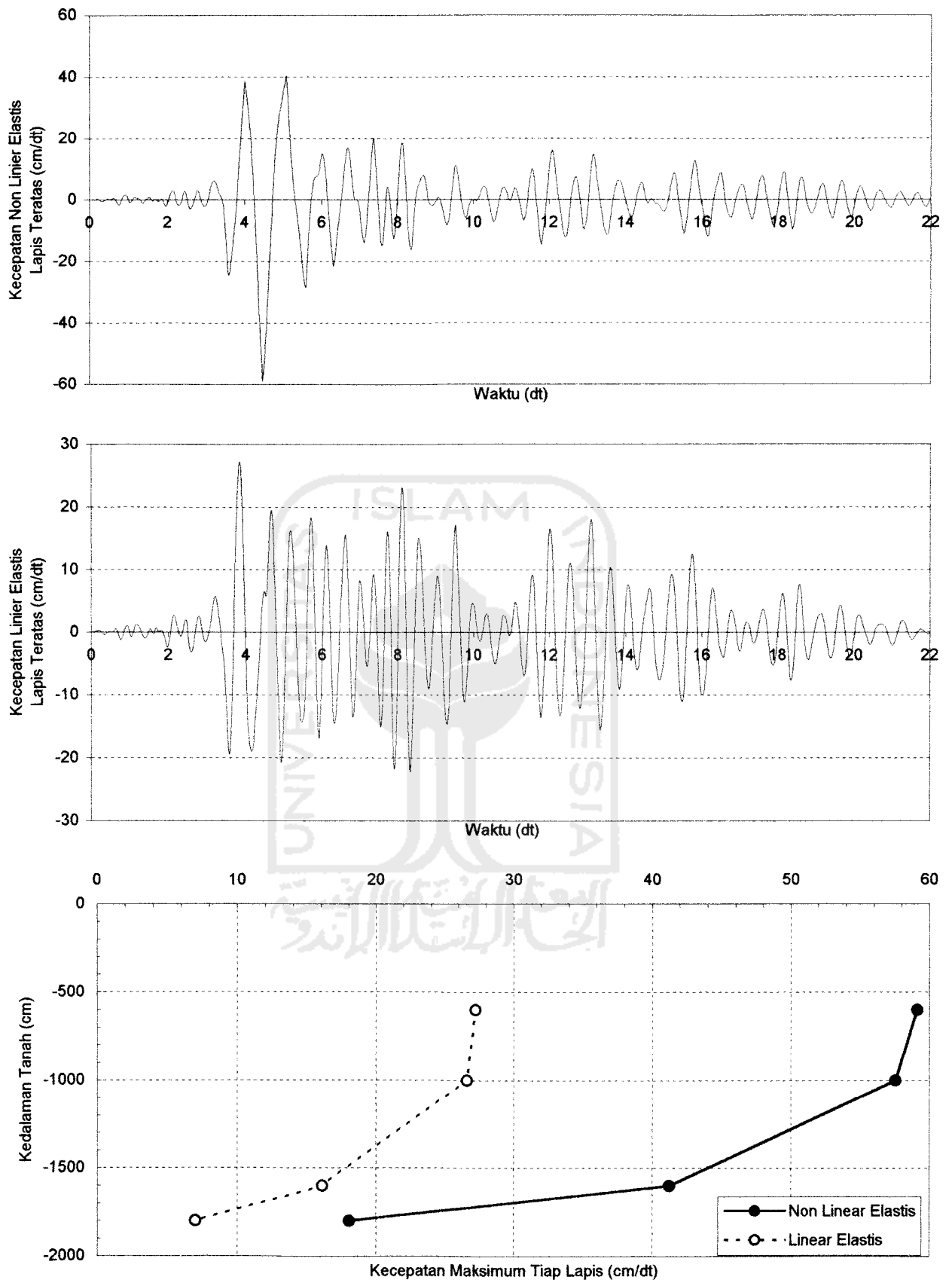
**Grafik 6.43.** Perbandingan Simpangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Tanpa Massa Bangunan Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Kobe



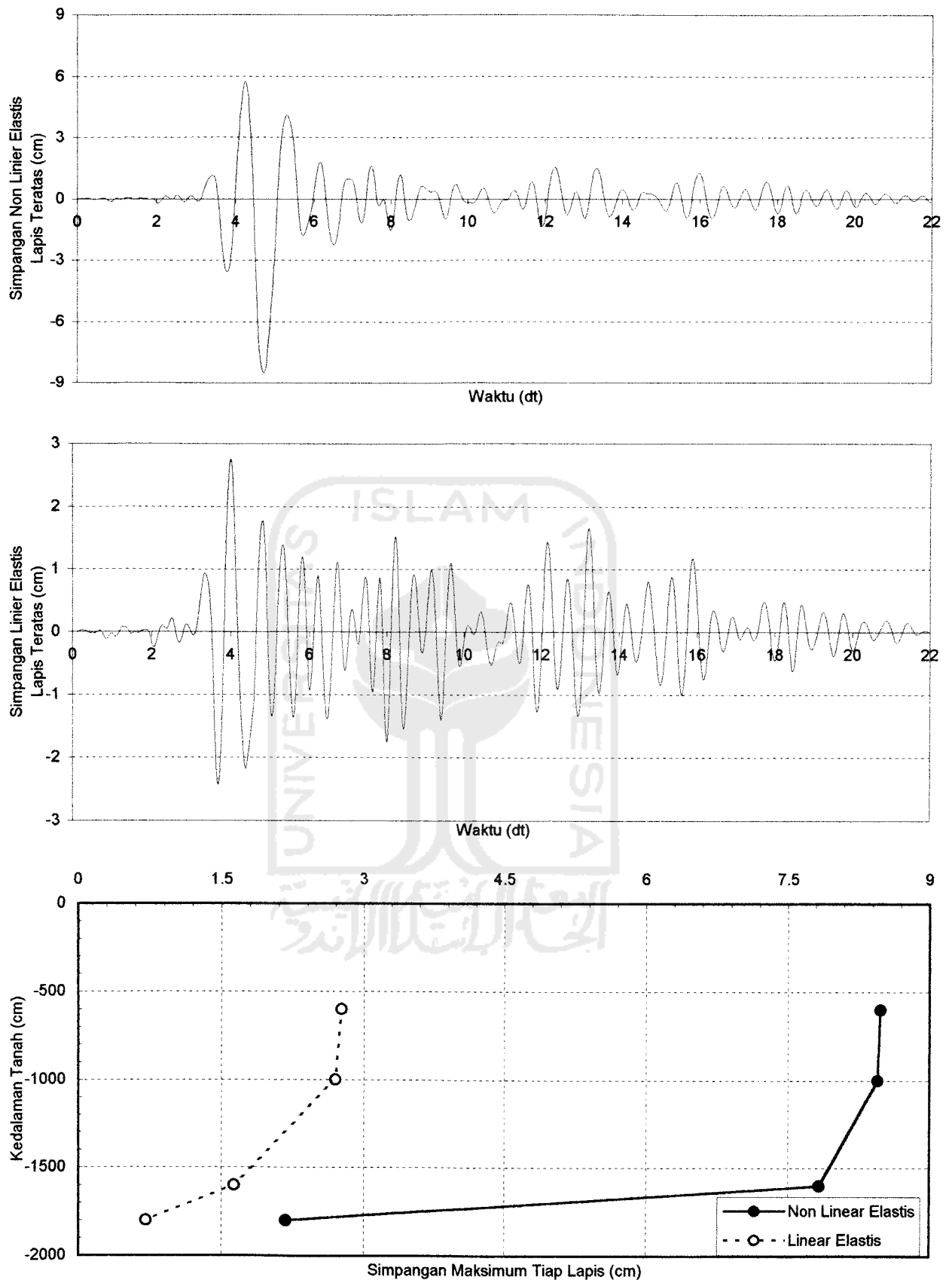
**Grafik 6.44.** Perbandingan Regangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Tanpa Massa Bangunan Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Kobe



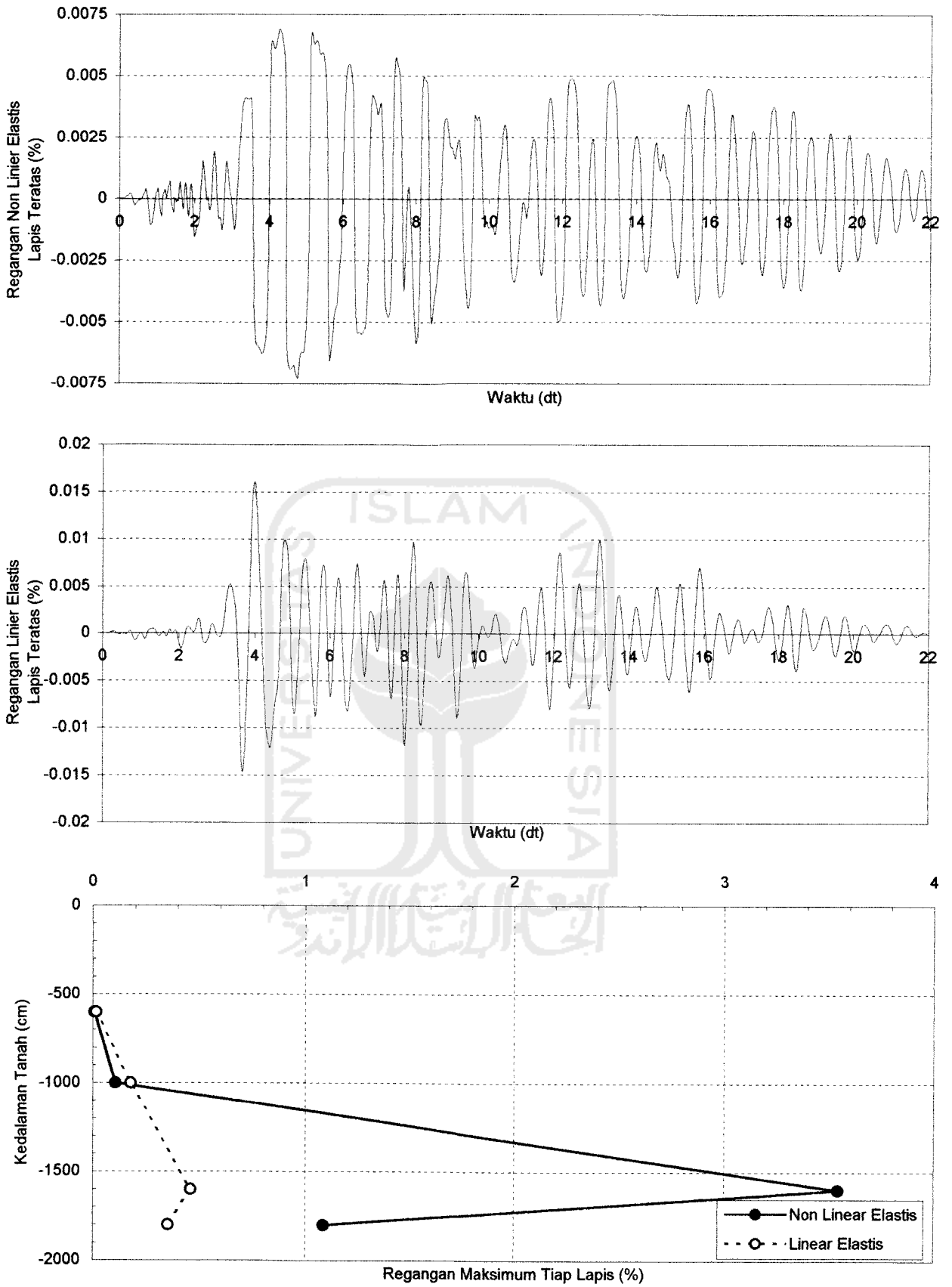
**Grafik 6.45.** Perbandingan Percepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawangsari I Sukoharjo Akibat Gempa Kobe



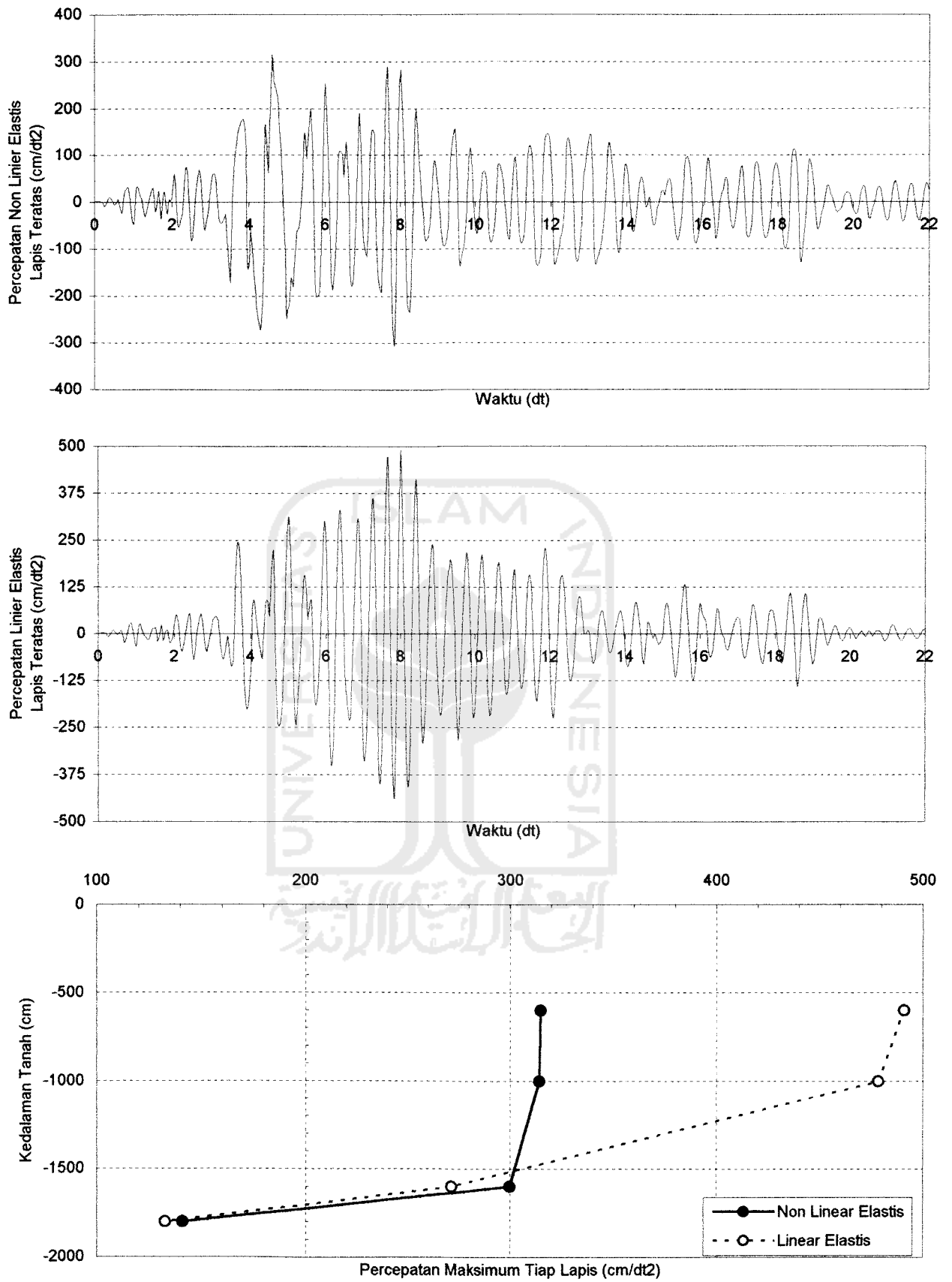
**Grafik 6.46.** Perbandingan Kecepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Kobe



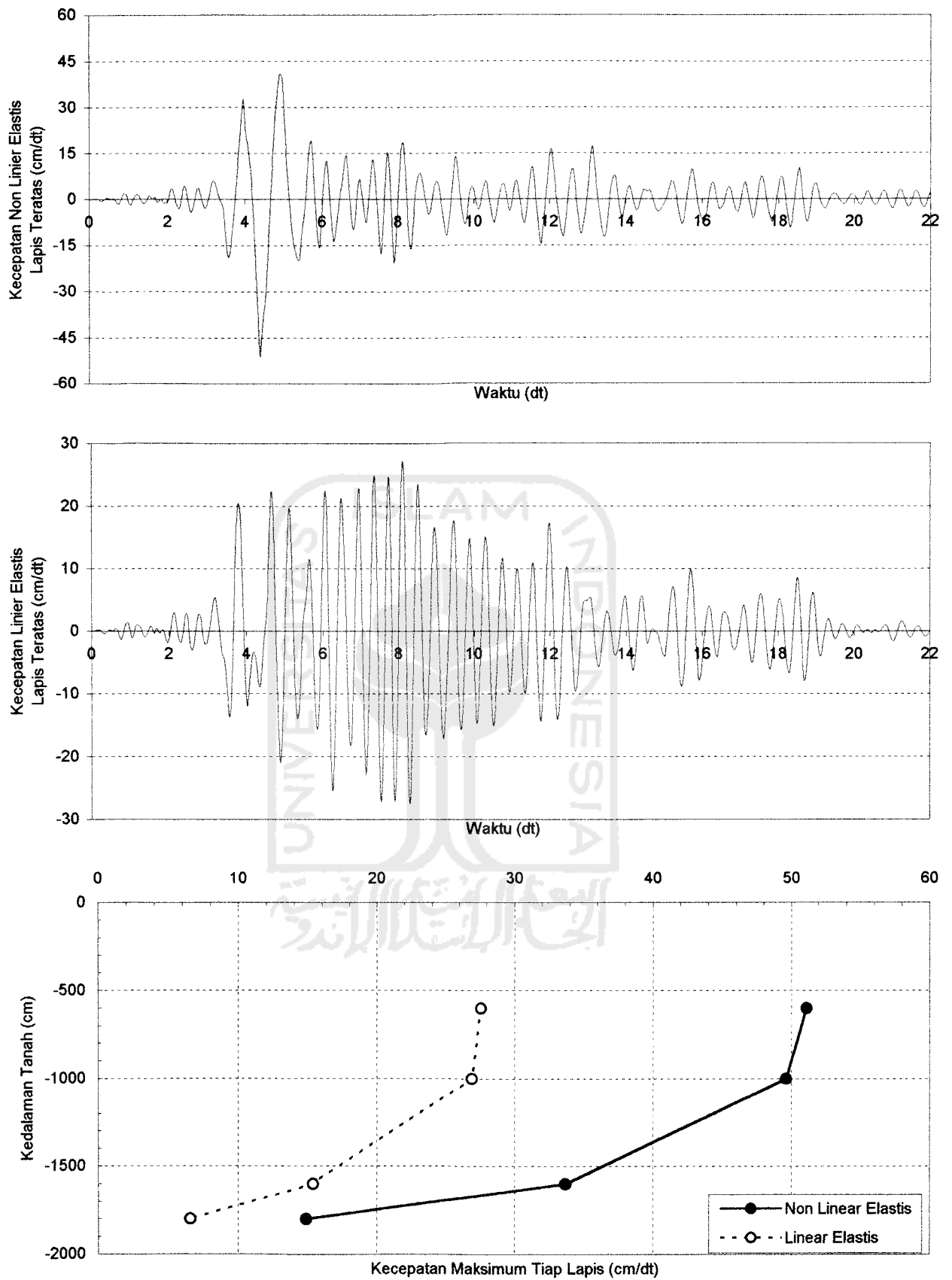
**Grafik 6.47.** Perbandingan Simpangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Kobe



**Grafik 6.48.** Perbandingan Regangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Kobe

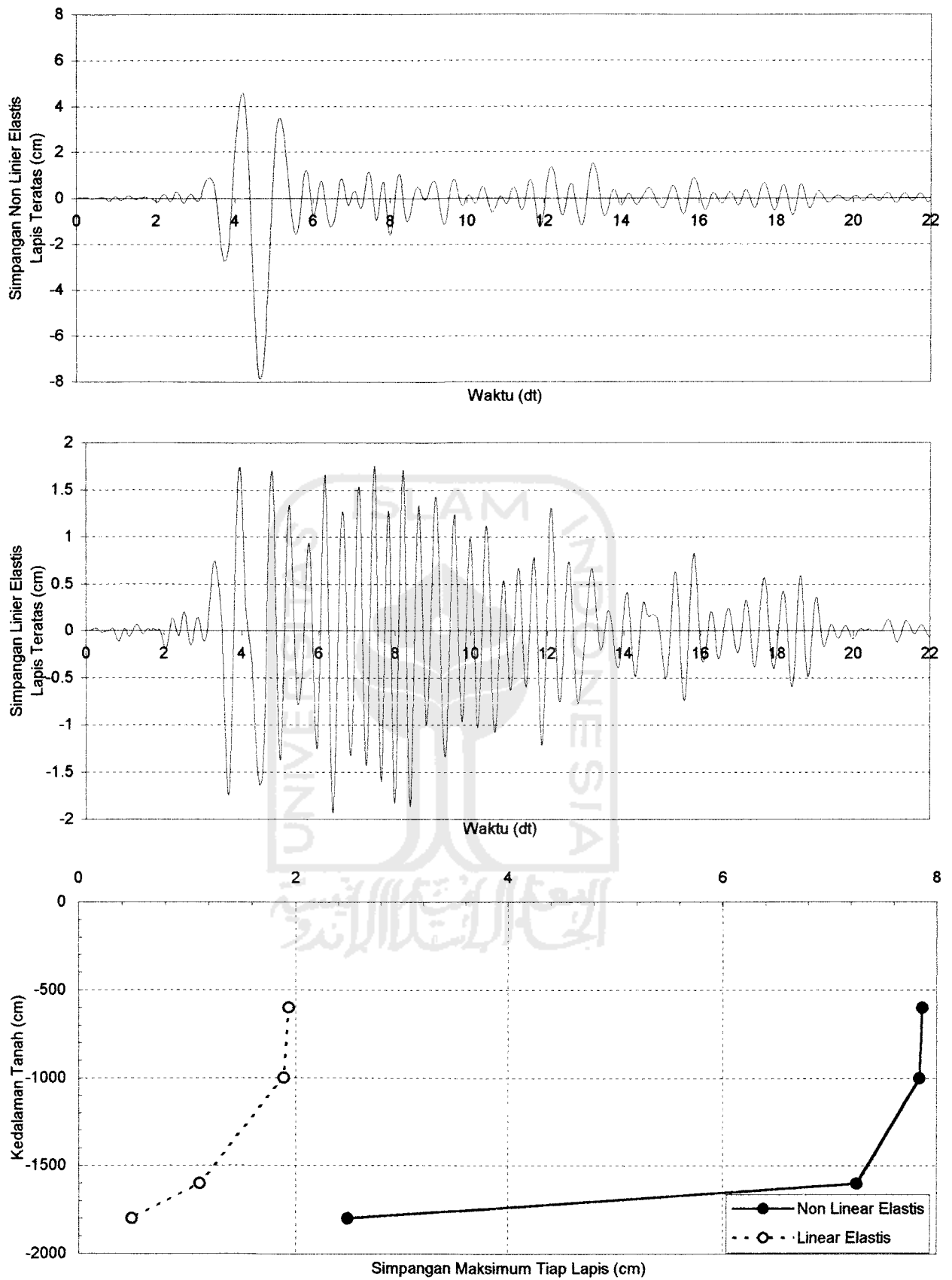


**Grafik 6.49.** Perbandingan Percepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Kobe

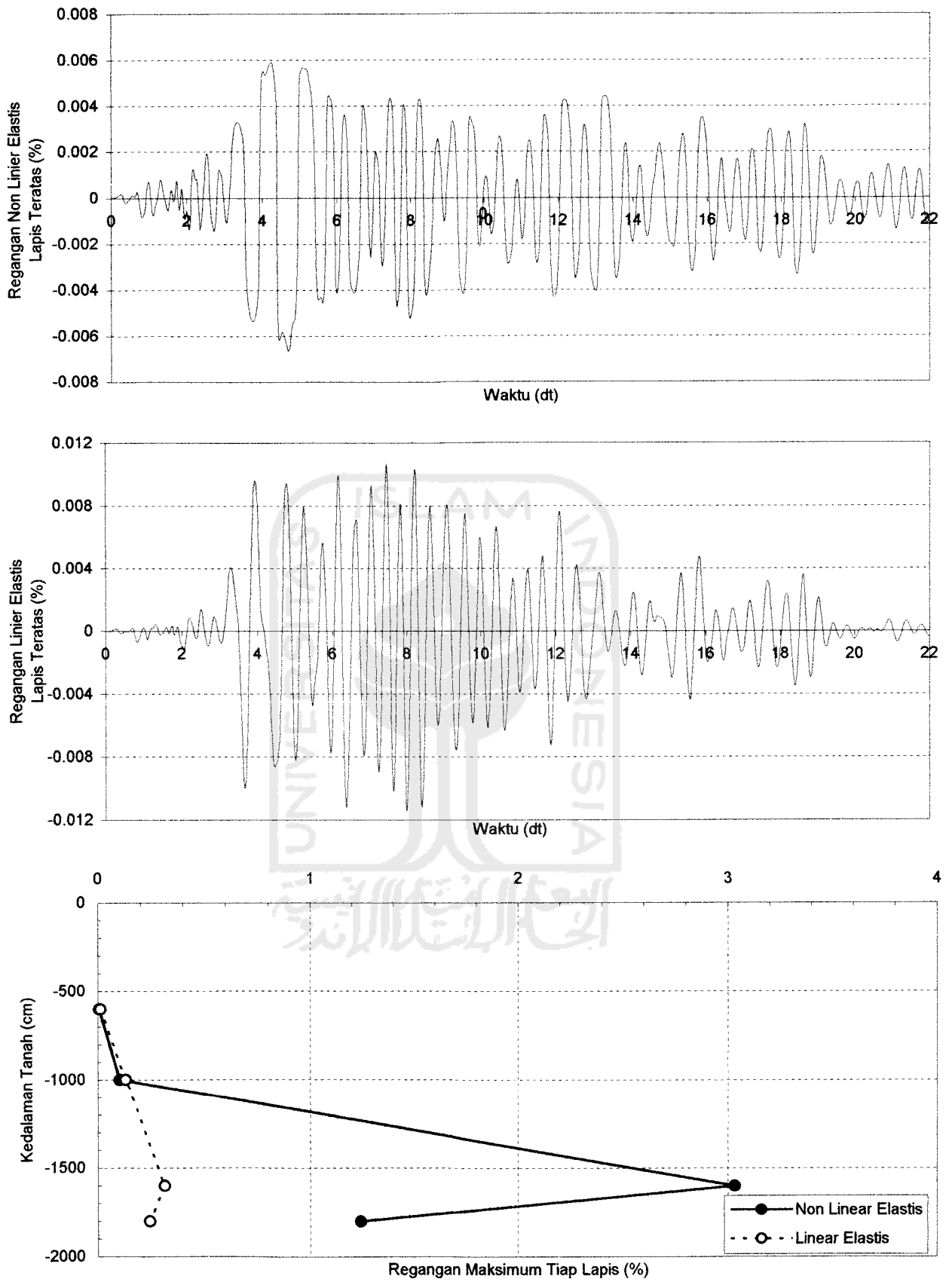


**Grafik 6.50.** Perbandingan Kecepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Kobe

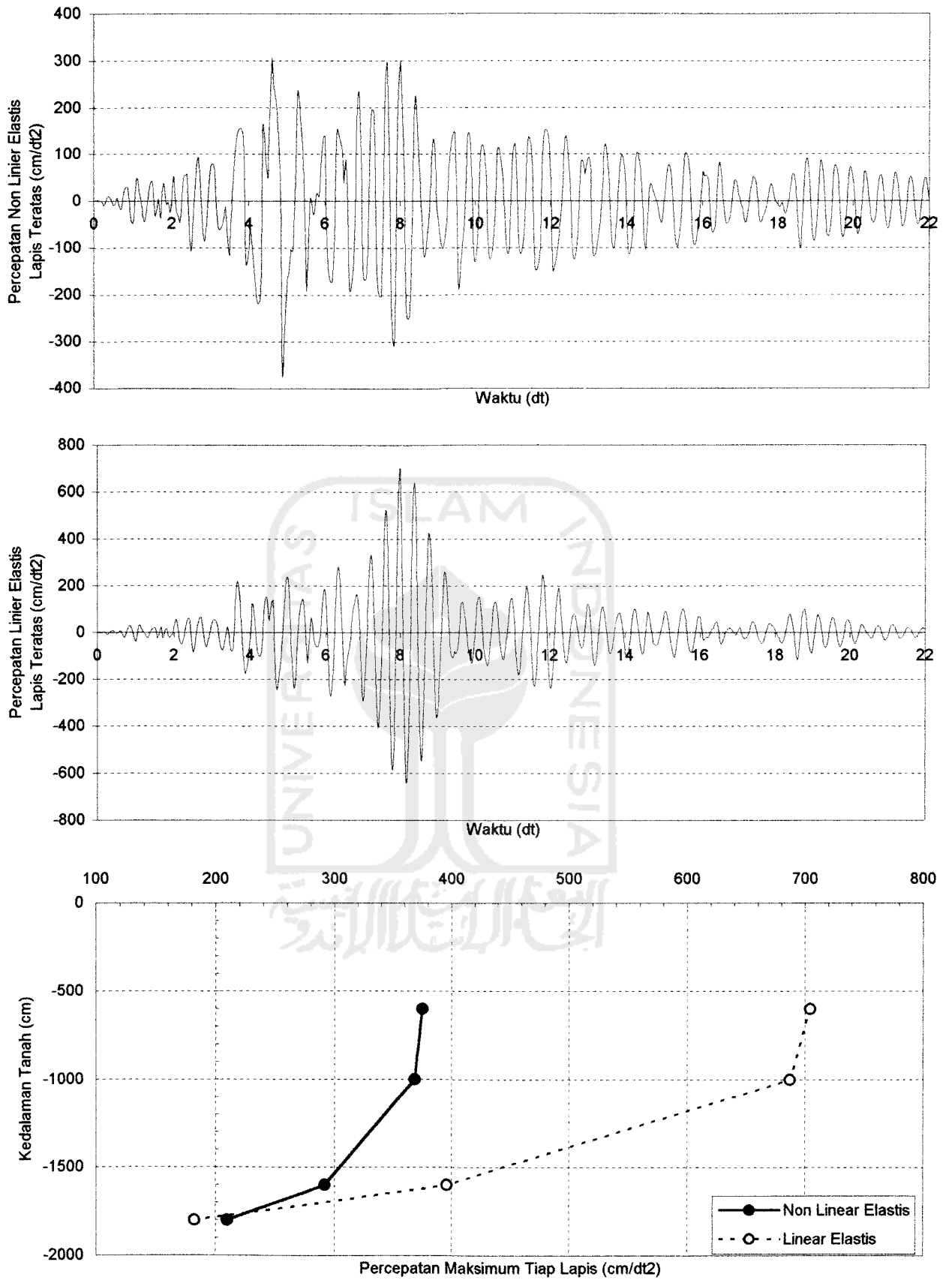




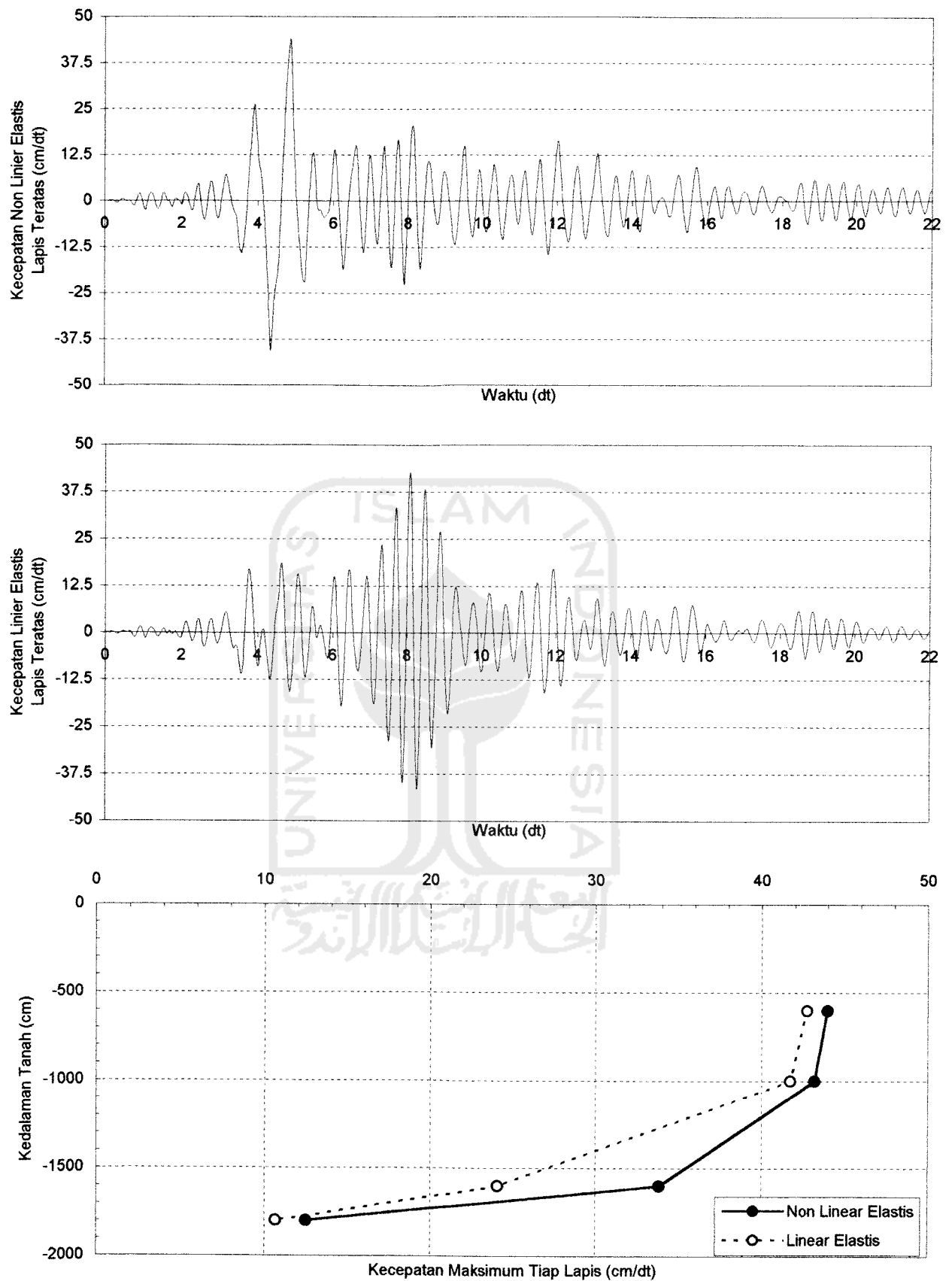
**Grafik 6.51.** Perbandingan Simpangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Kobe



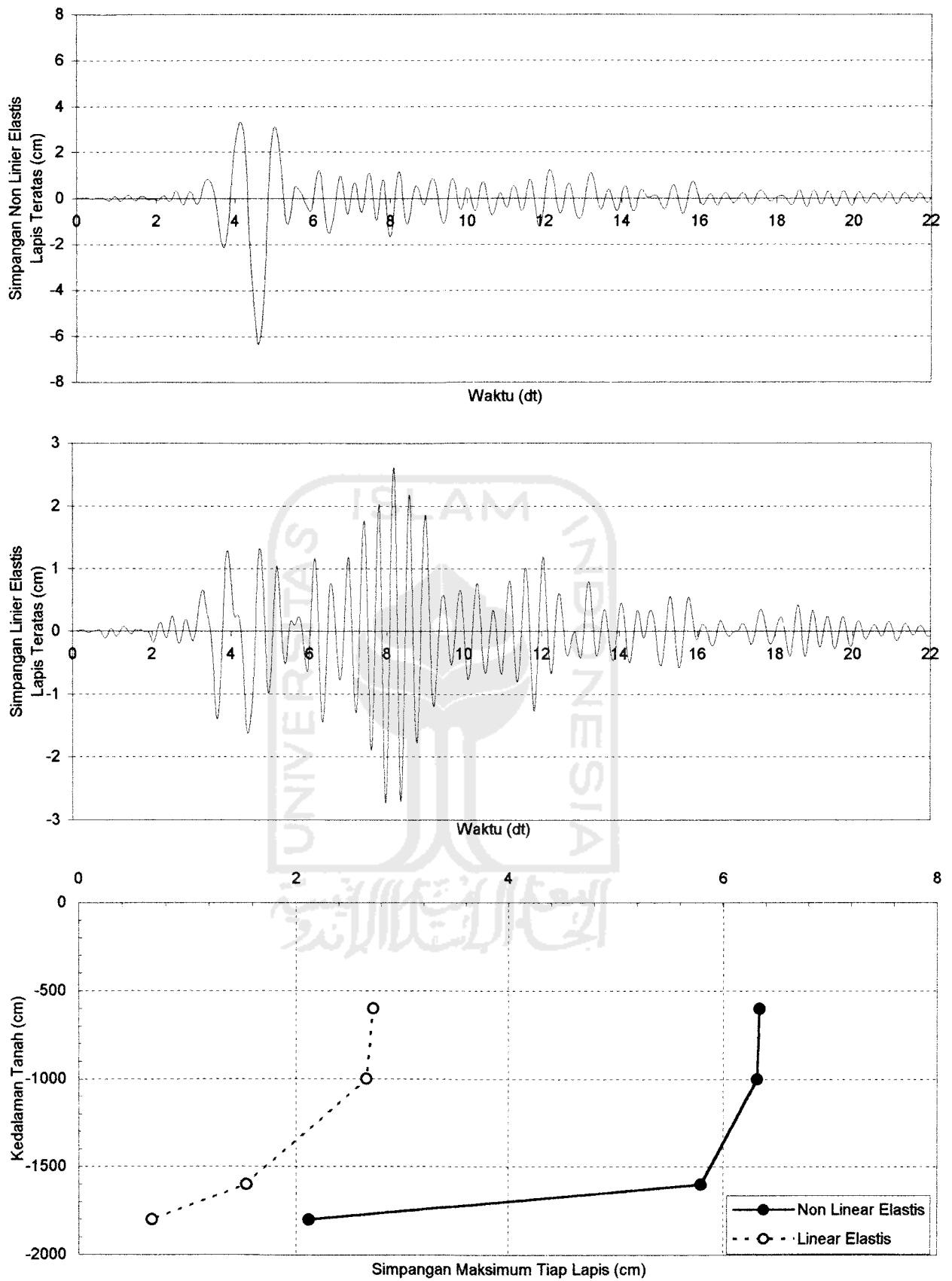
**Grafik 6.52.** Perbandingan Regangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Kobe



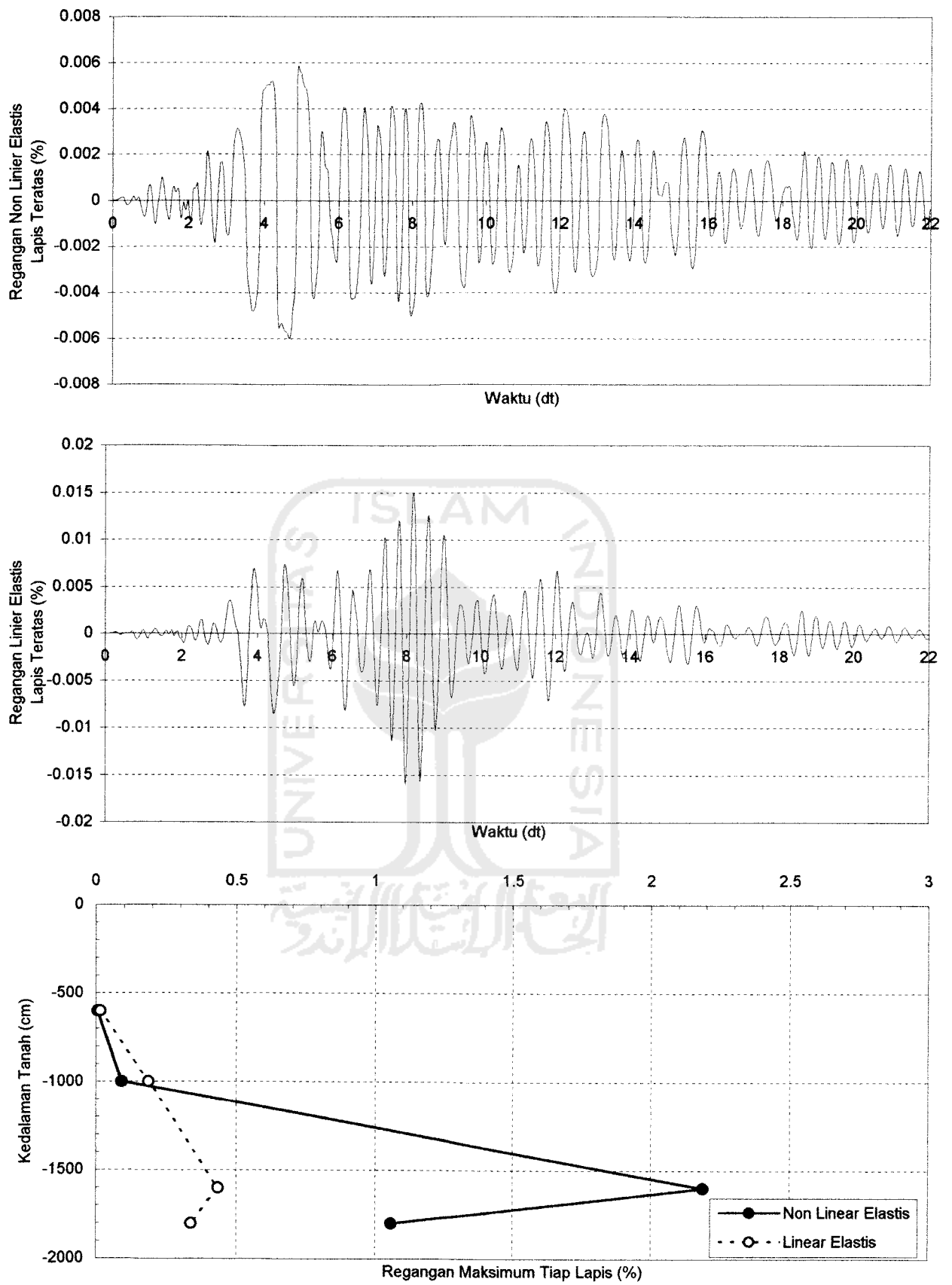
**Grafik 6.53.** Perbandingan Percepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Kobe



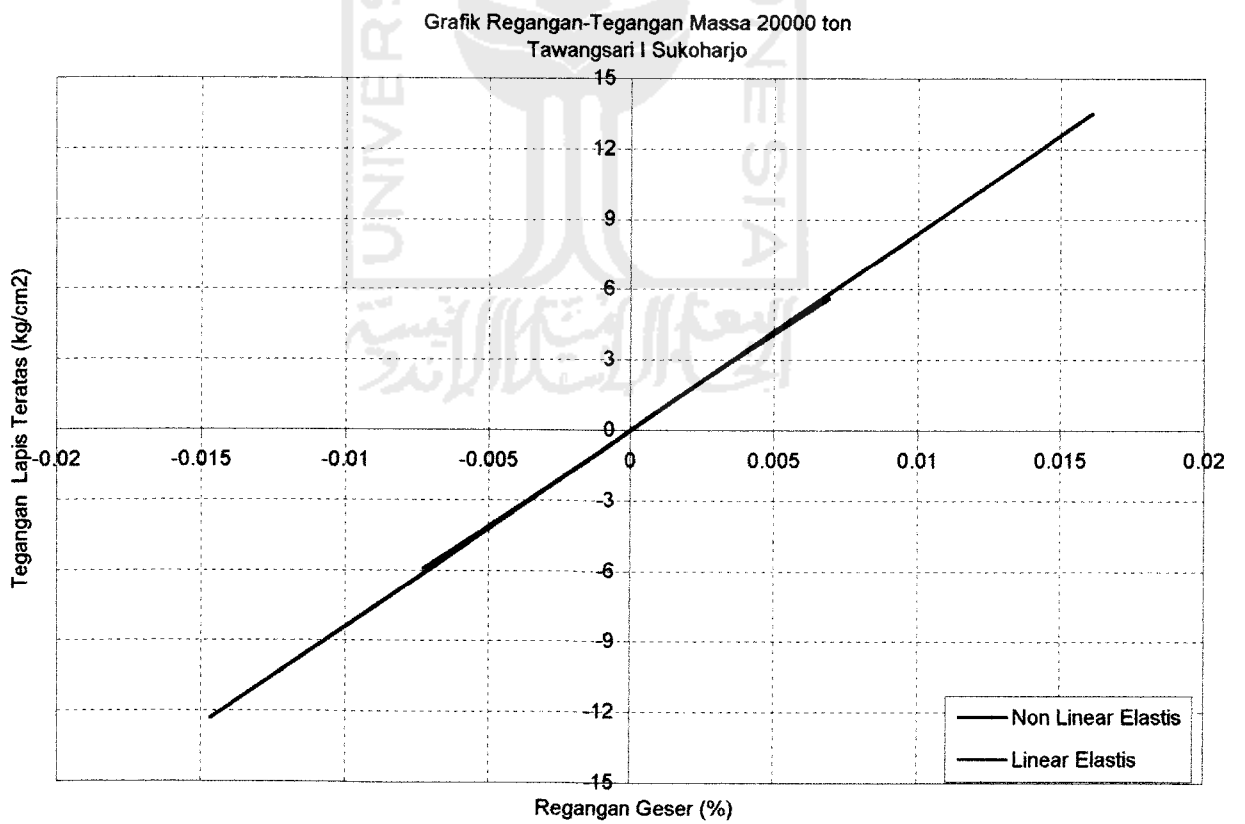
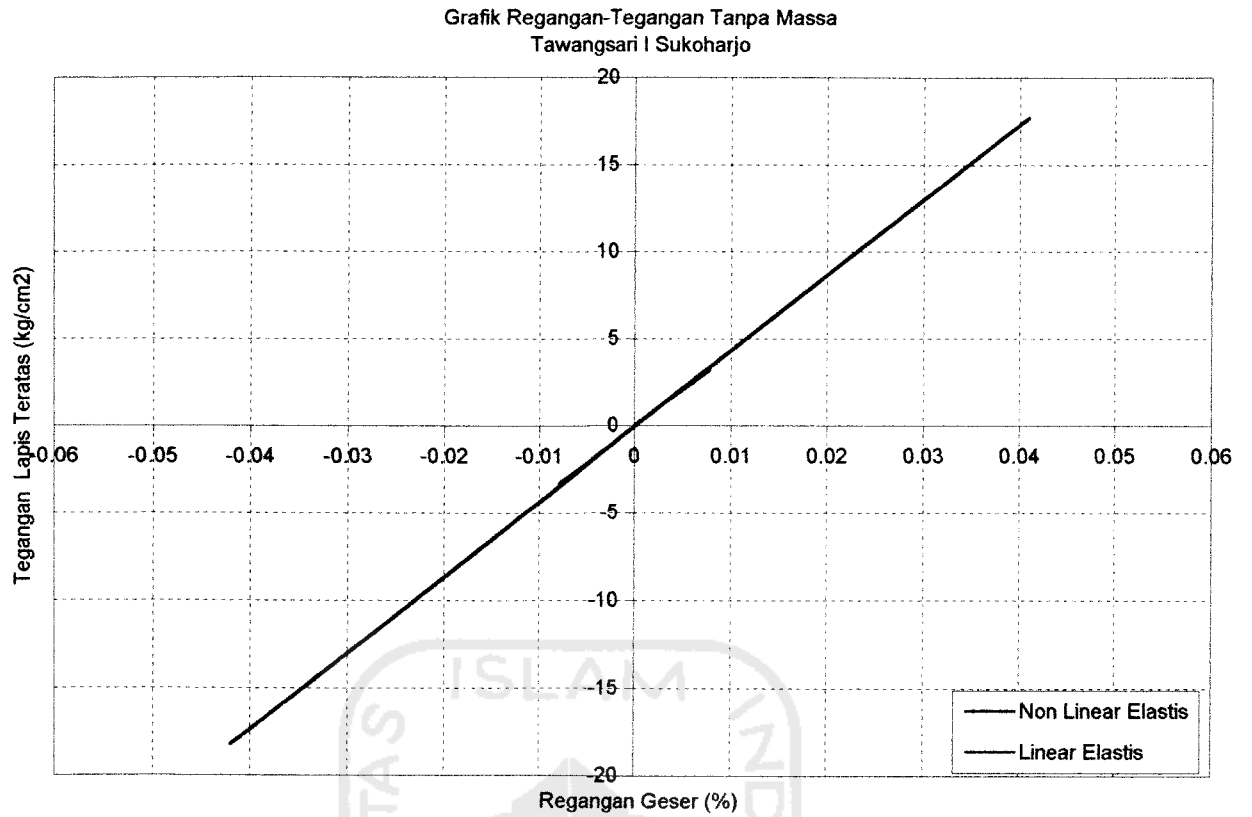
**Grafik 6.54.** Perbandingan Kecepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Kobe



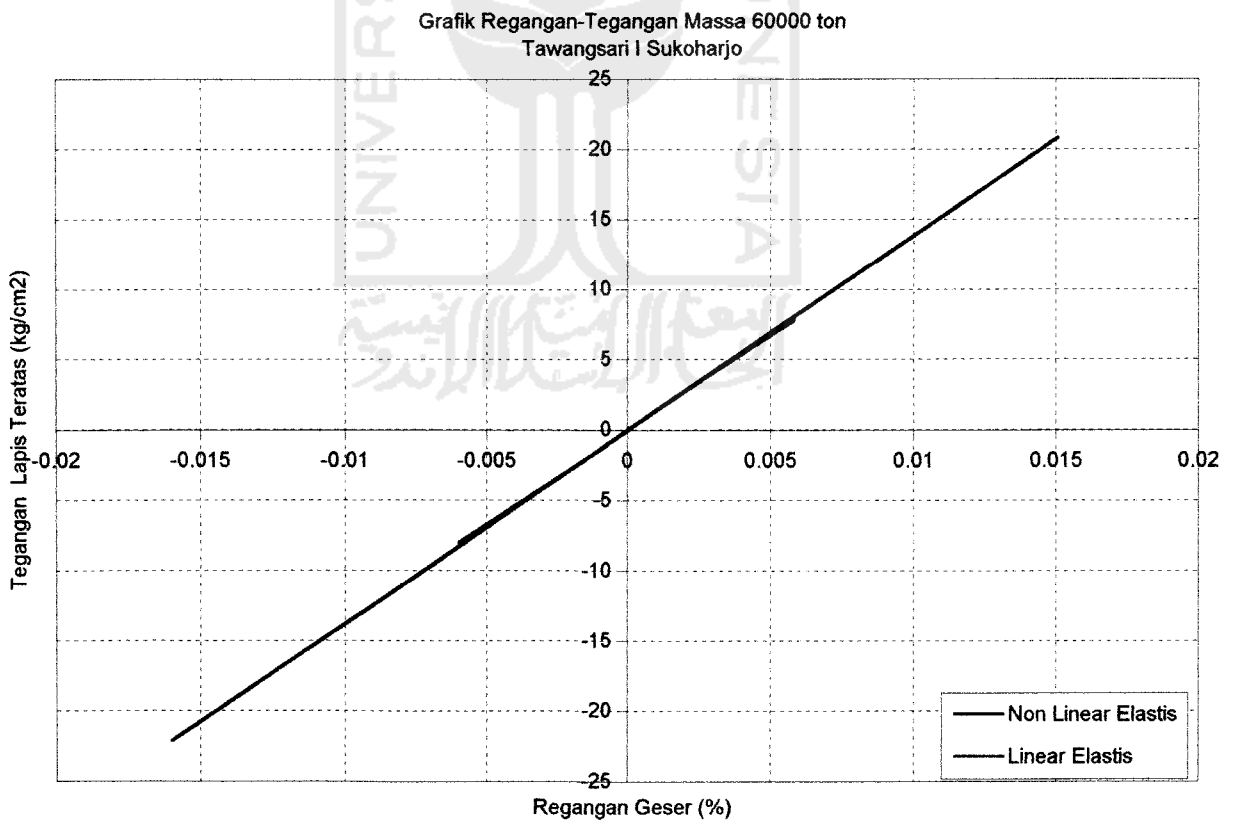
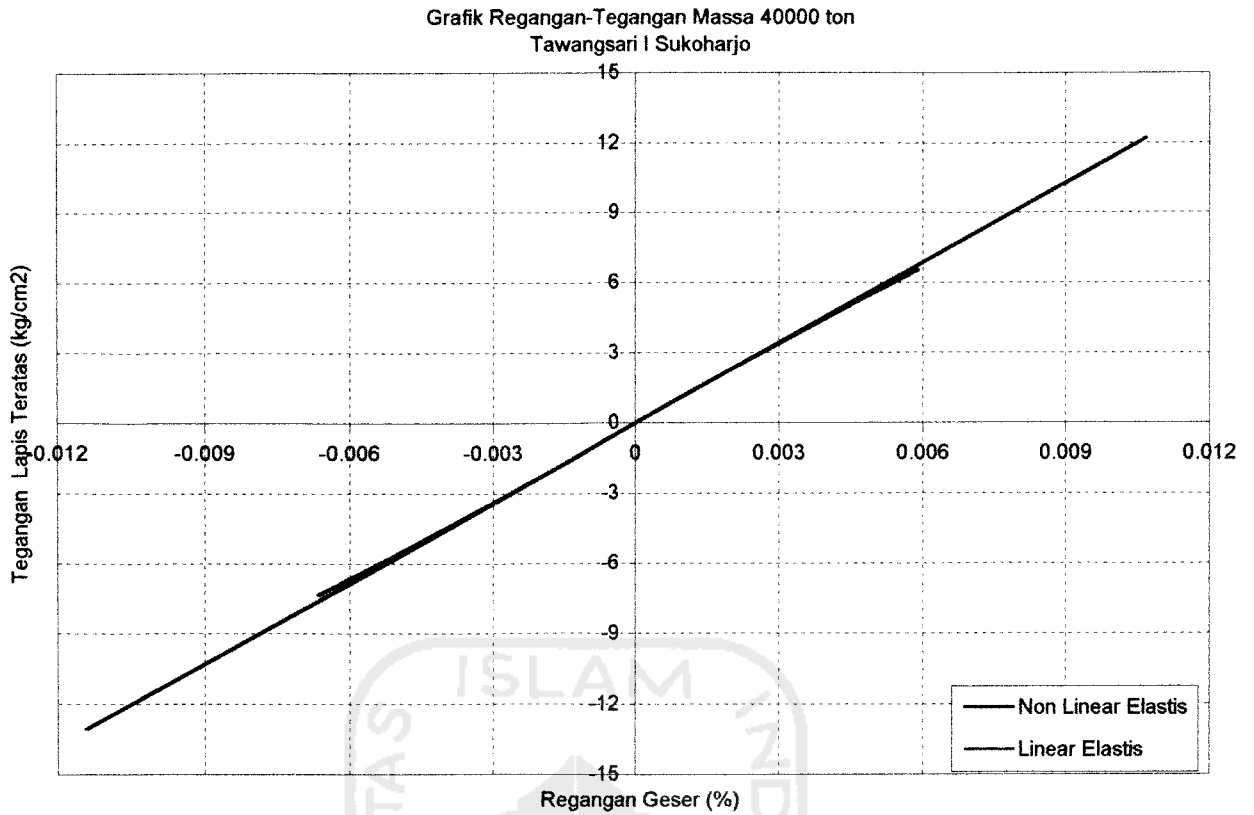
**Grafik 6.55.** Perbandingan Simpangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Kobe



**Grafik 6.56.** Perbandingan Regangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Kobe

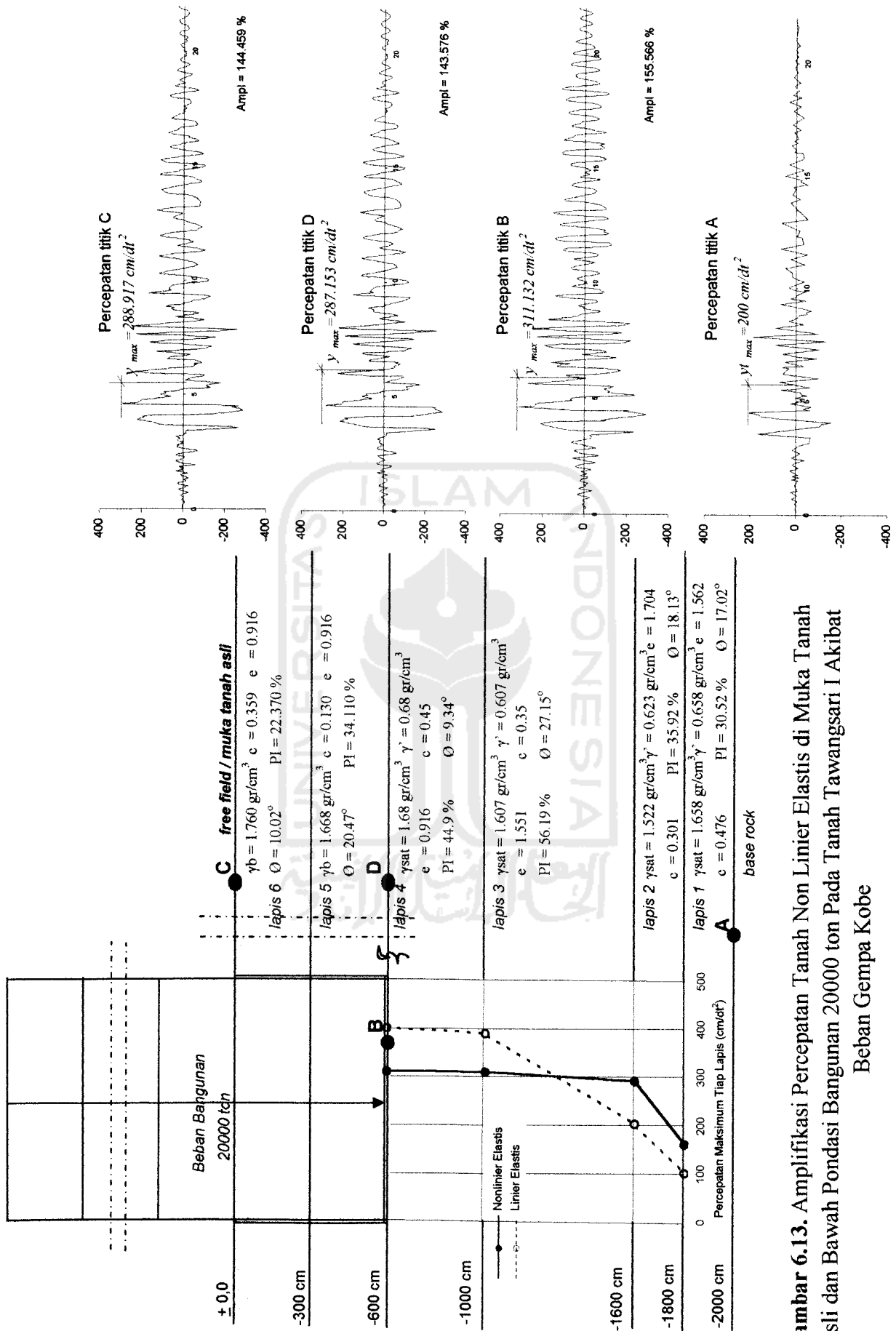


**Grafik 6.57.** Perbandingan Regangan-Tegangan Tanah Non Linier dan Linier Elastis Tanpa Massa dan Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Kobe

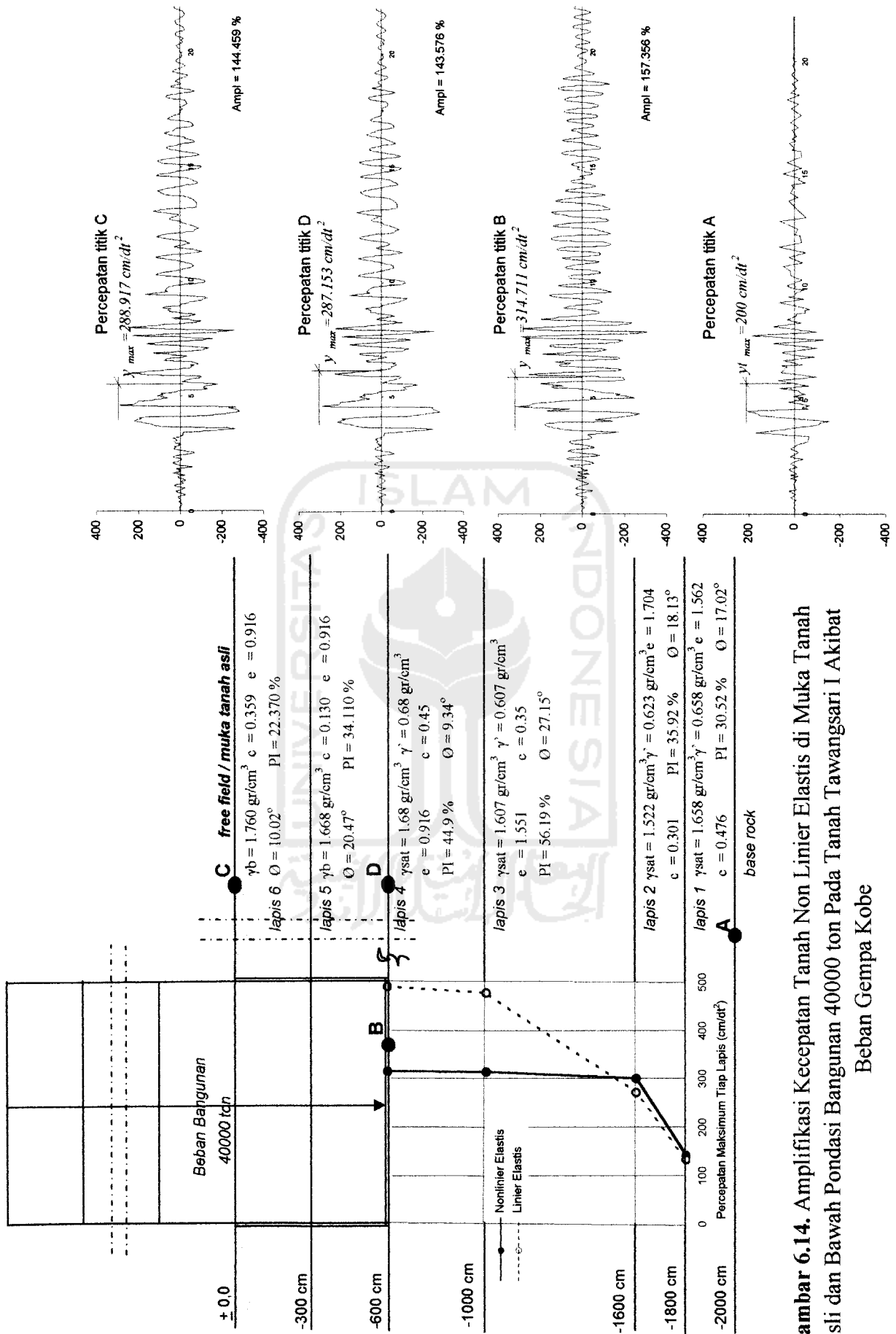


**Grafik 6.58.** Perbandingan Regangan-Tegangan Tanah Non Linier dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton dan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Kobe

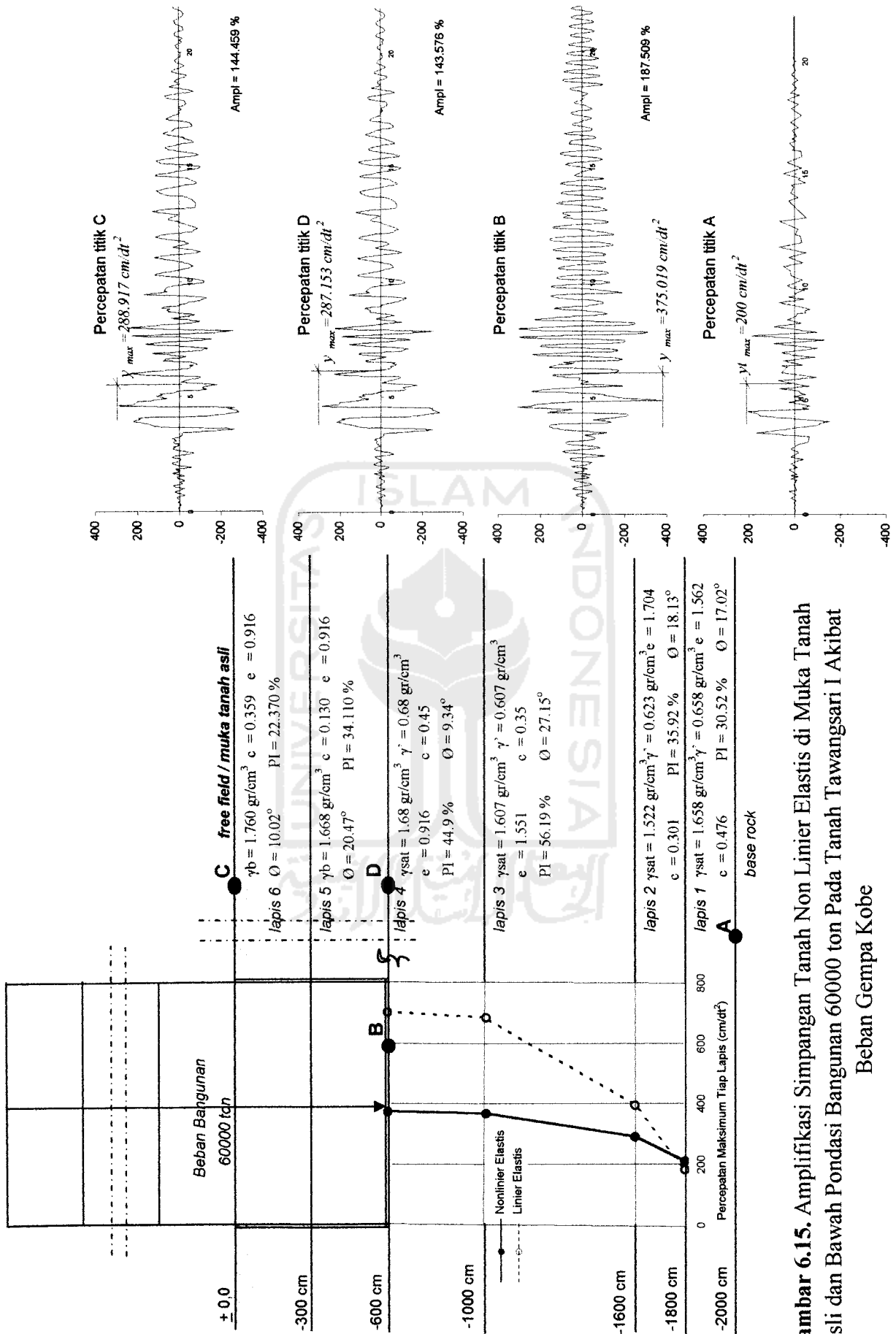




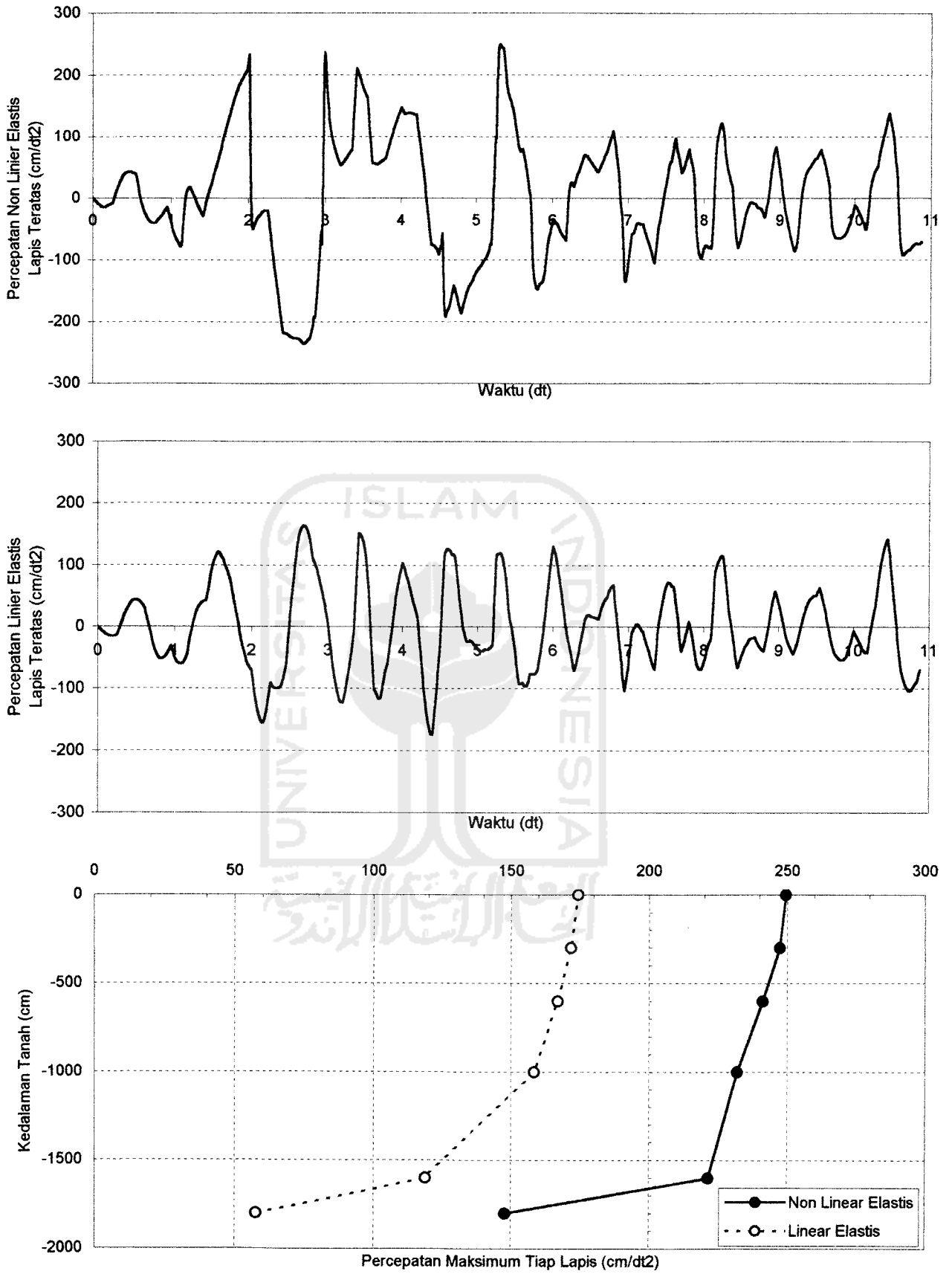
**Gambar 6.13.** Amplifikasi Percepatan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 20000 ton Pada Tanah Tawangsari I Akibat Beban Gempa Kobe



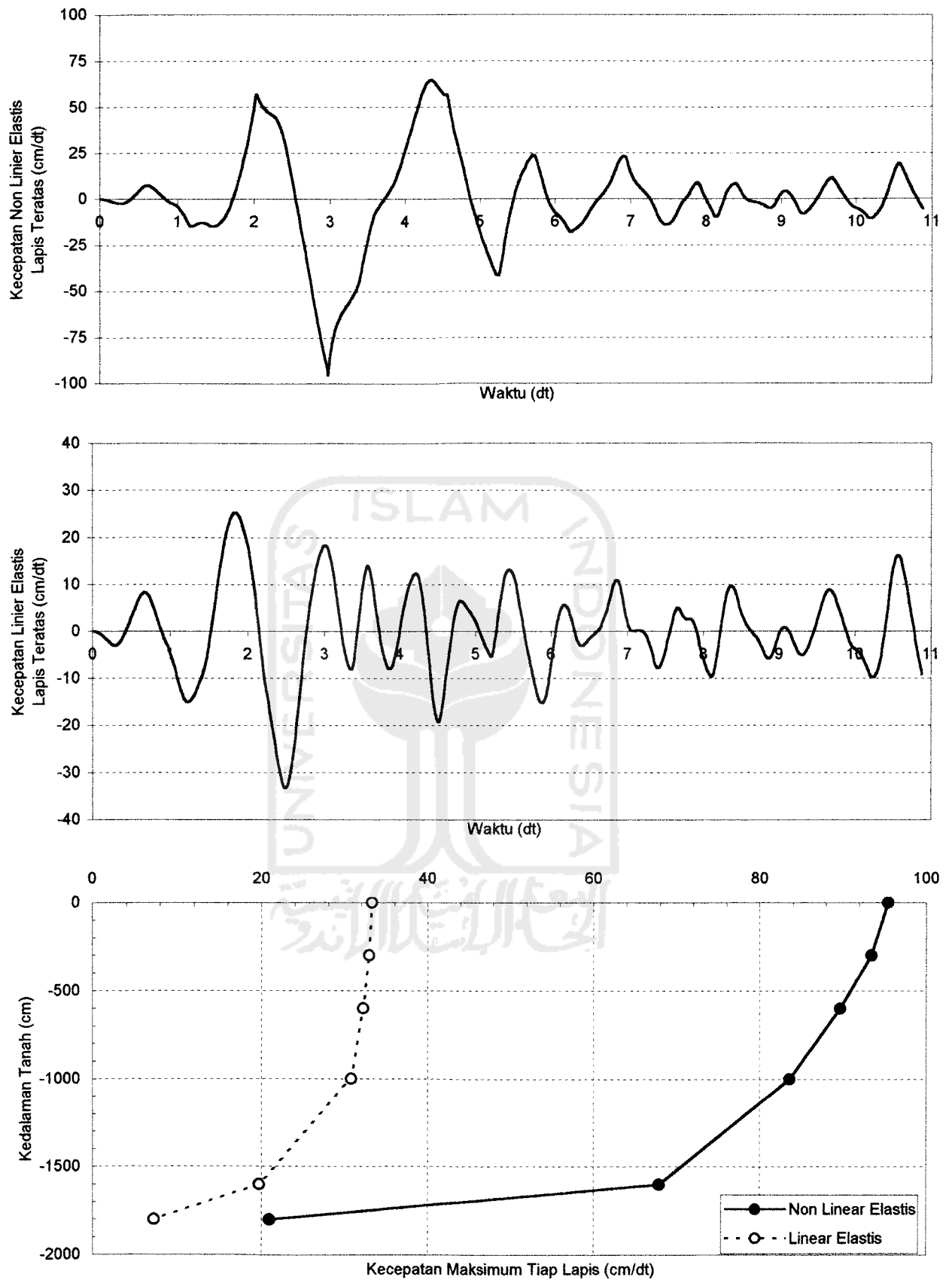
**Gambar 6.14.** Amplifikasi Kecepatan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 40000 ton Pada Tanah Tawangsari I Akibat Beban Gempa Kobe



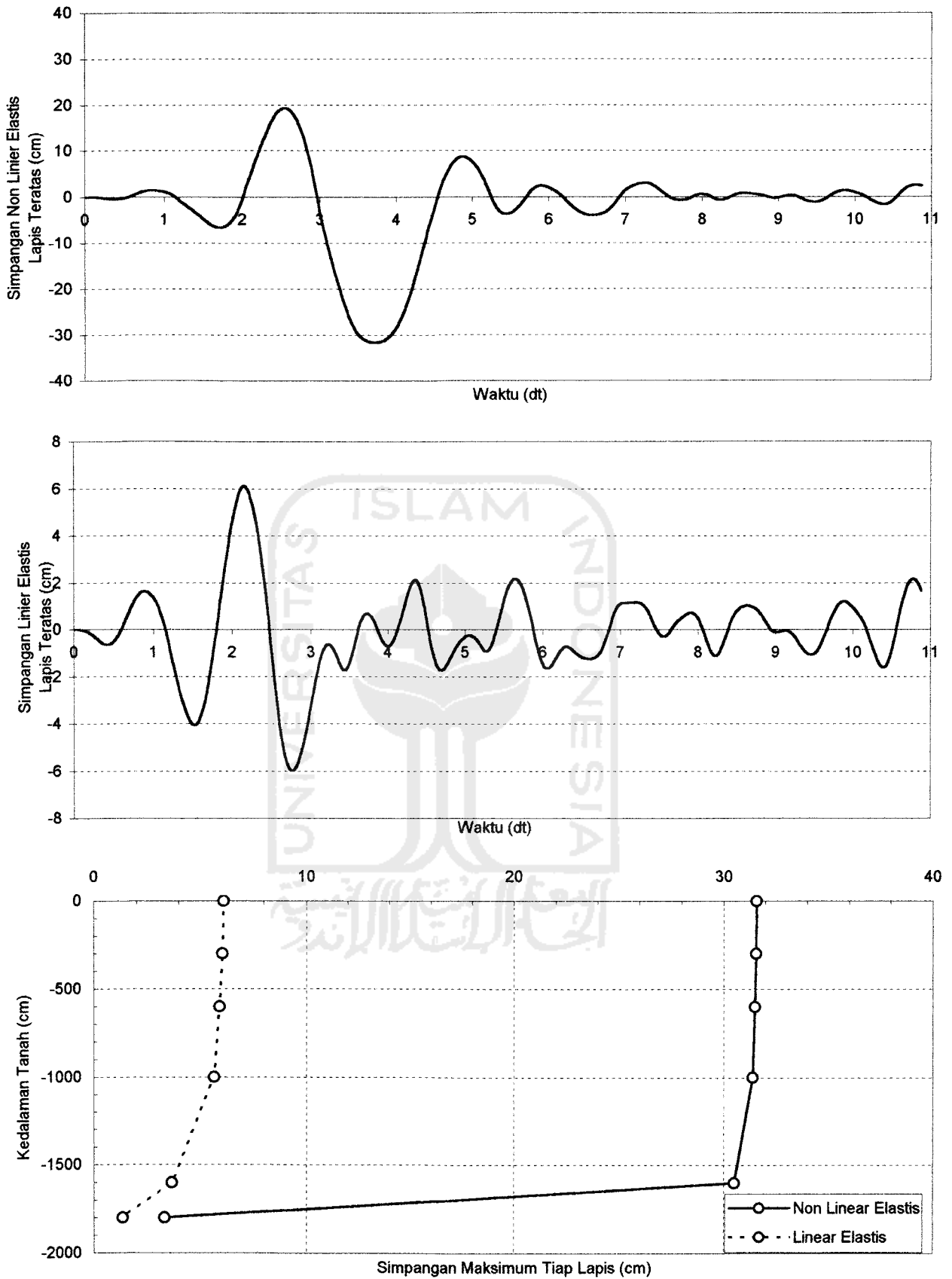
**Gambar 6.15.** Amplifikasi Simpangan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 60000 ton Pada Tanah Tawangsari I Akibat Beban Gempa Kobe



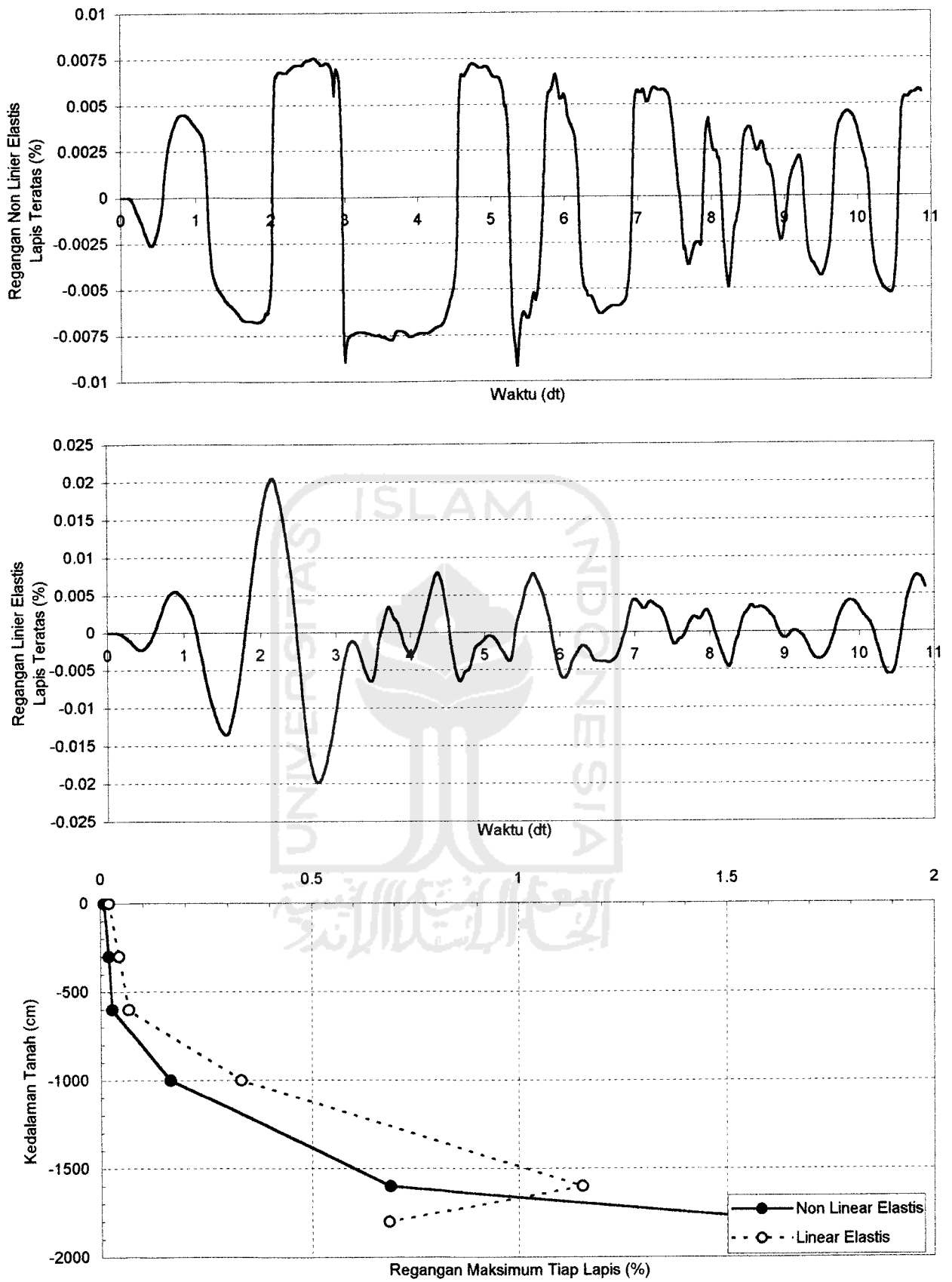
**Grafik 6.59.** Perbandingan Percepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Tanpa Massa Bangunan Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawangarsi I Sukoharjo Akibat Gempa Bucharest



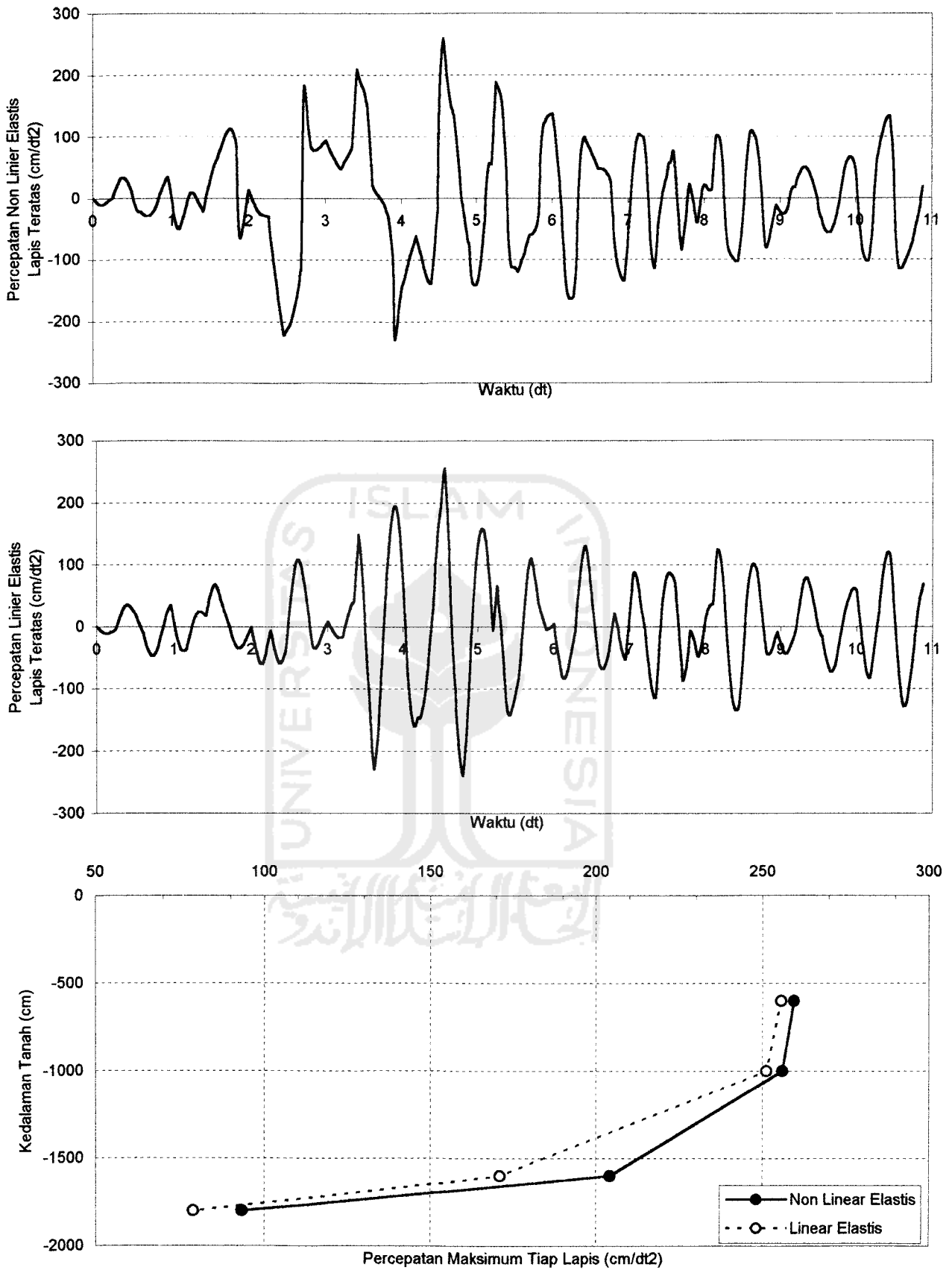
**Grafik 6.60.** Perbandingan Kecepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Tanpa Massa Bangunan Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Bucharest



**Grafik 6.61.** Perbandingan Simpangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Tanpa Massa Bangunan Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Bucharest

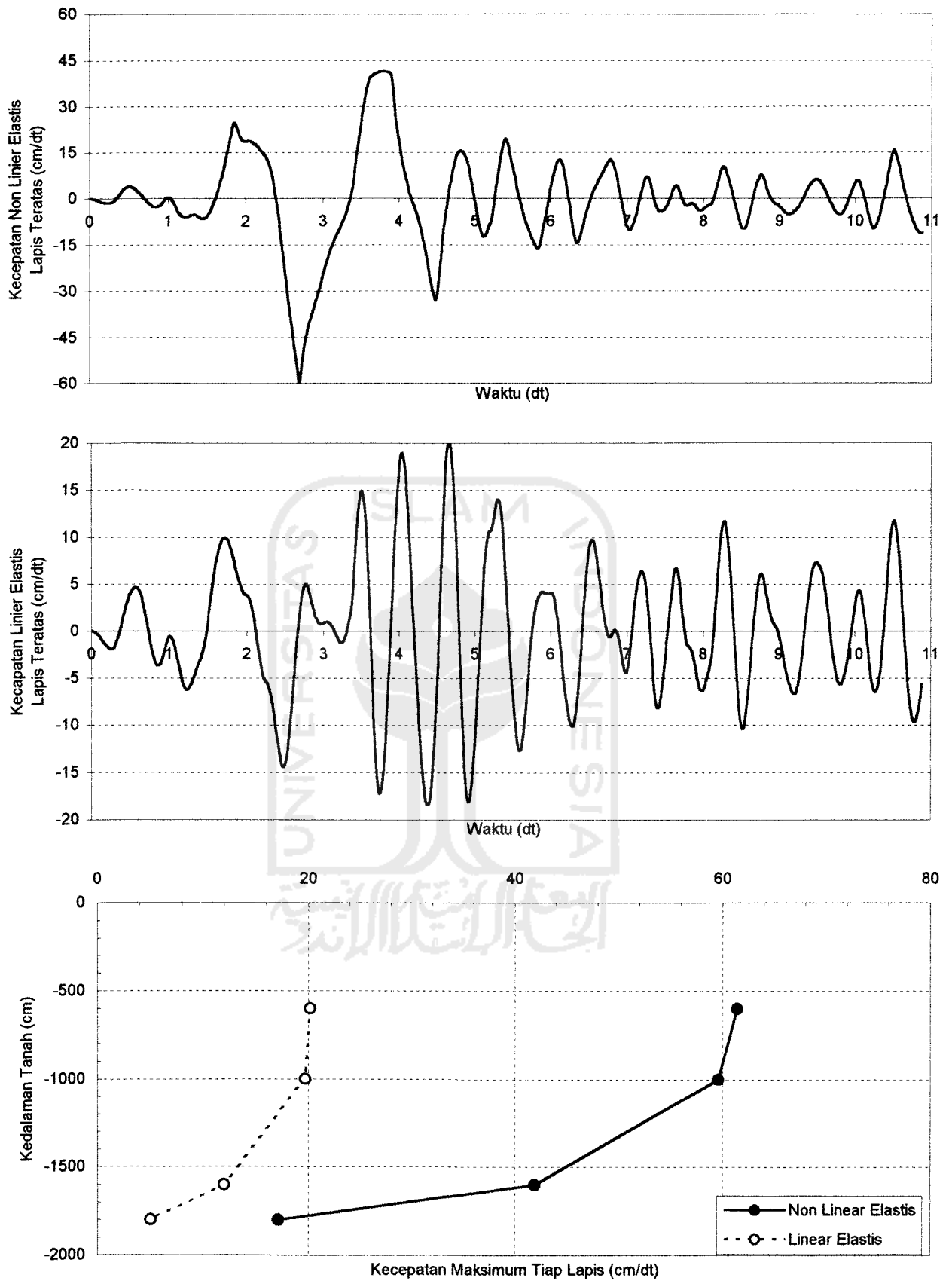


**Grafik 6.62.** Perbandingan Regangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Tanpa Massa Bangunan Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawangsari I Sukoharjo Akibat Gempa Bucharest

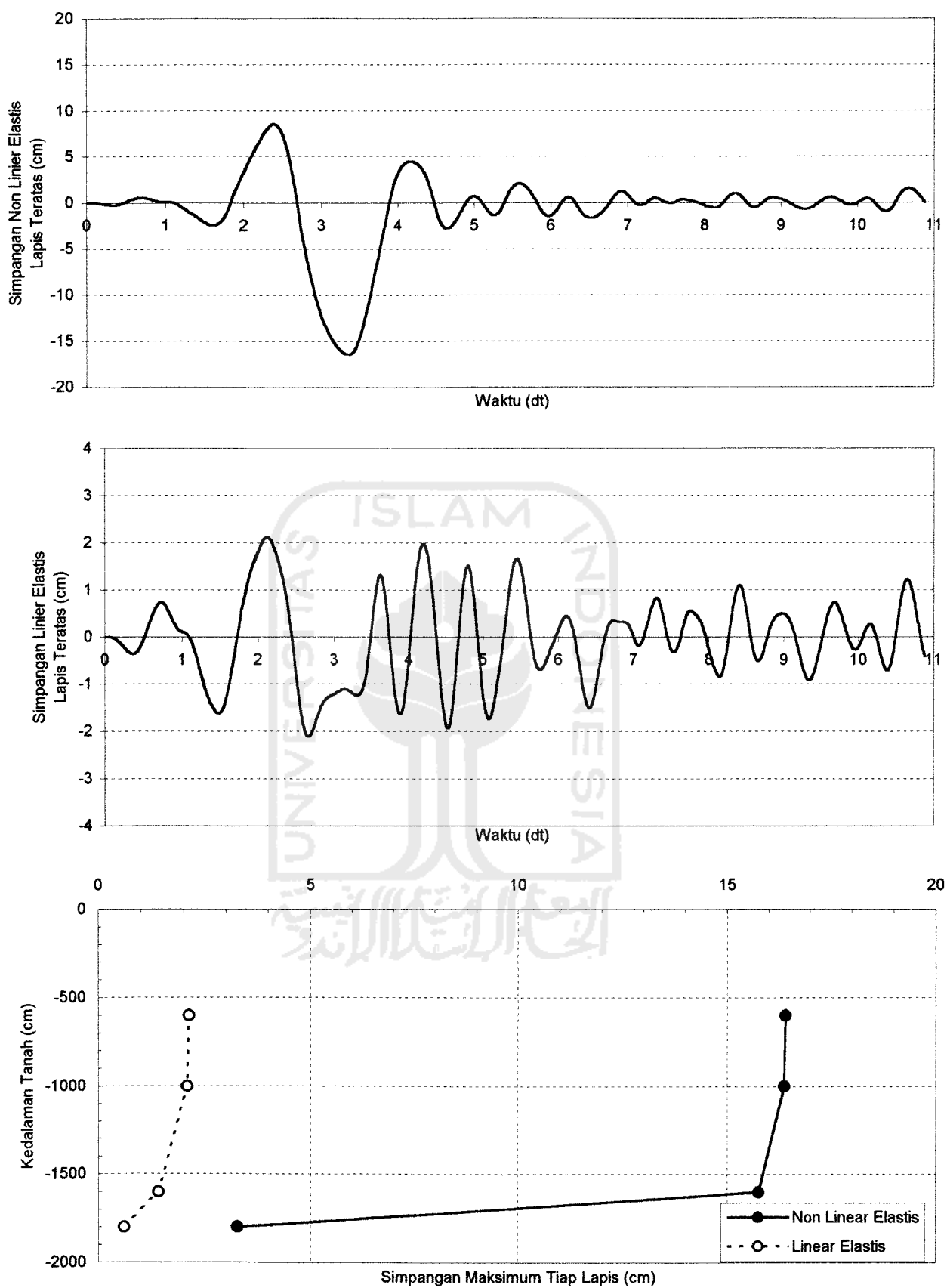


**Grafik 6.63.** Perbandingan Percepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Bucharest

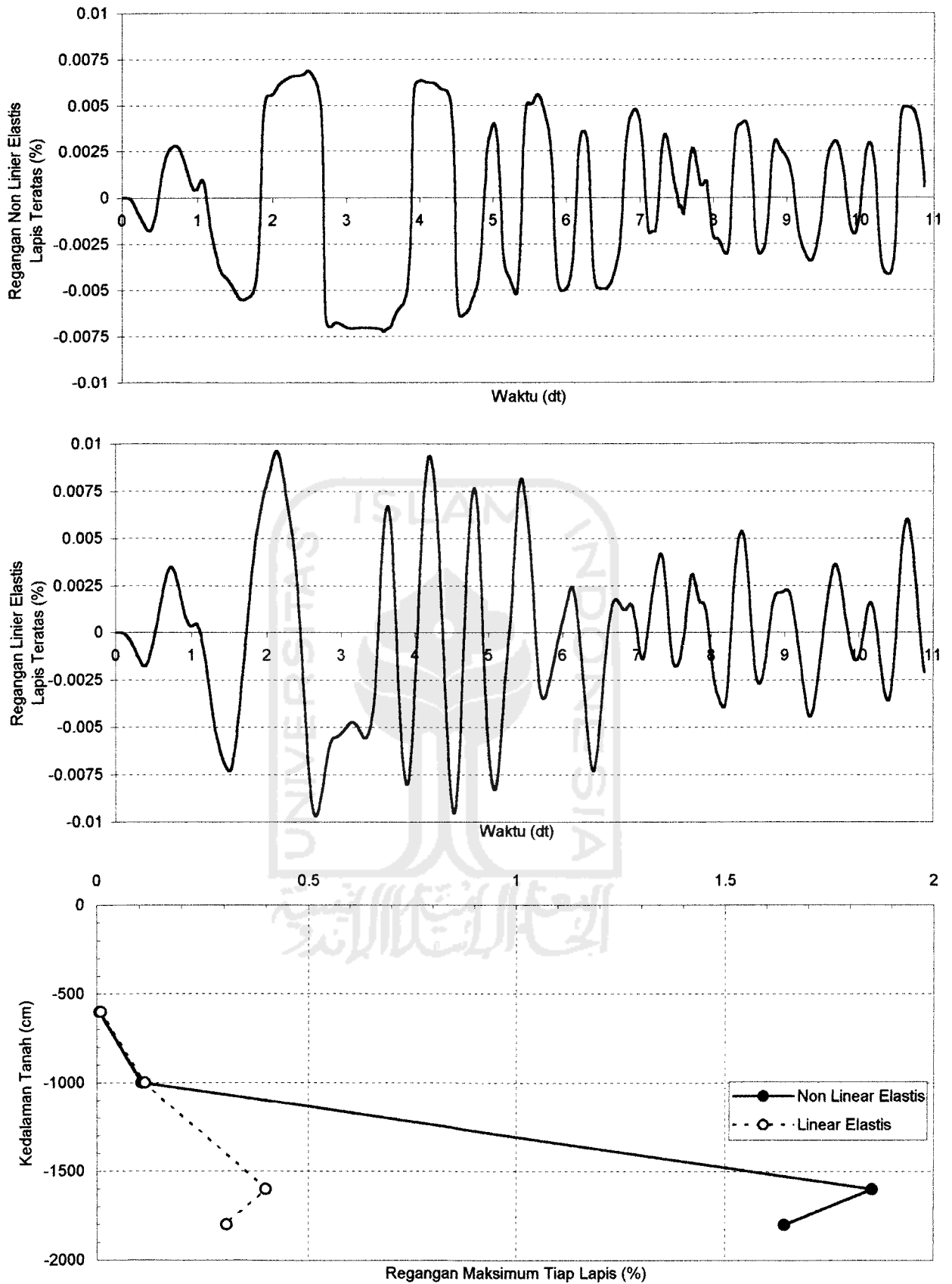




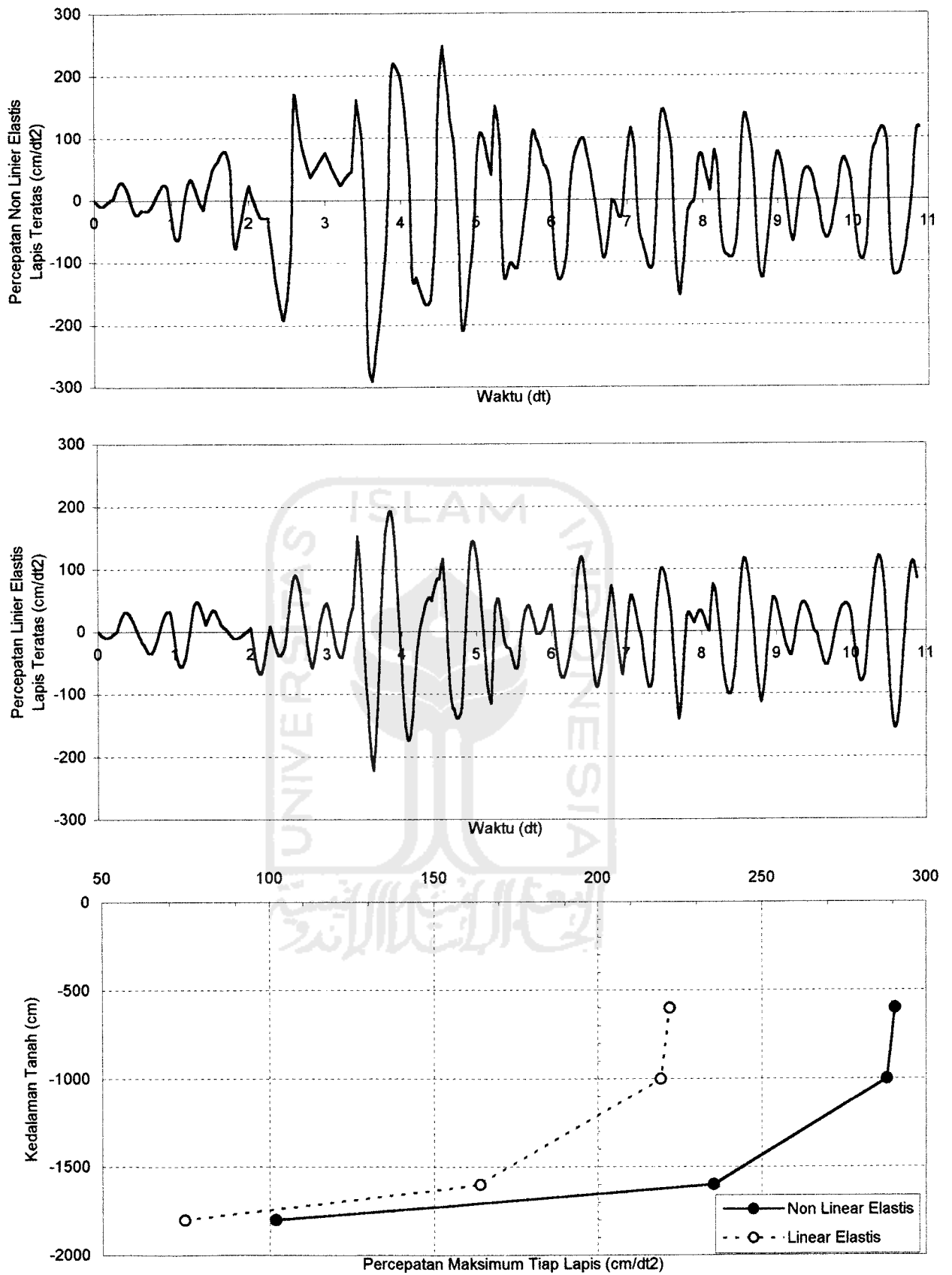
**Grafik 6.64.** Perbandingan Kecepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Bucharest



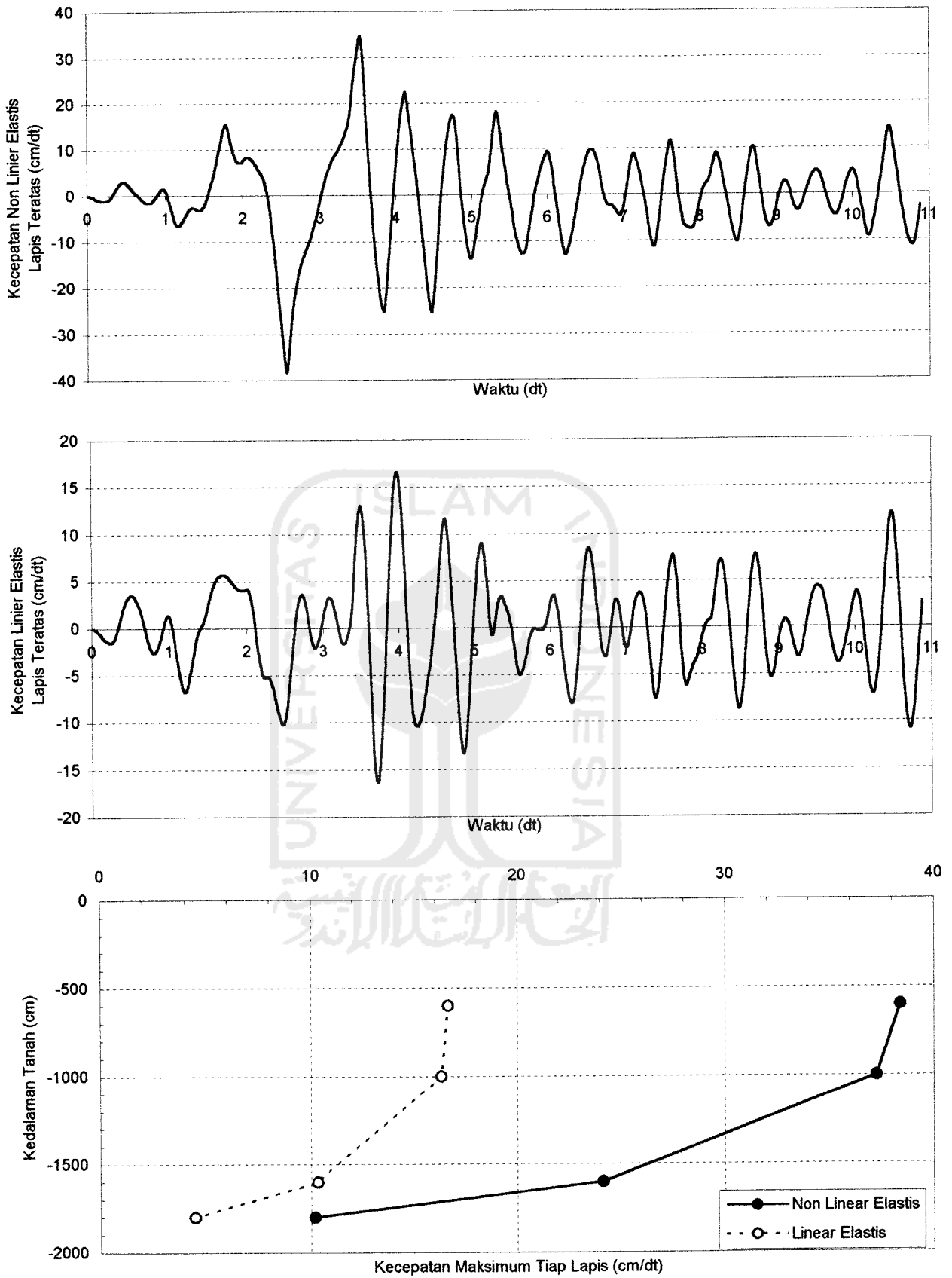
**Grafik 6.65.** Perbandingan Simpangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Bucharest



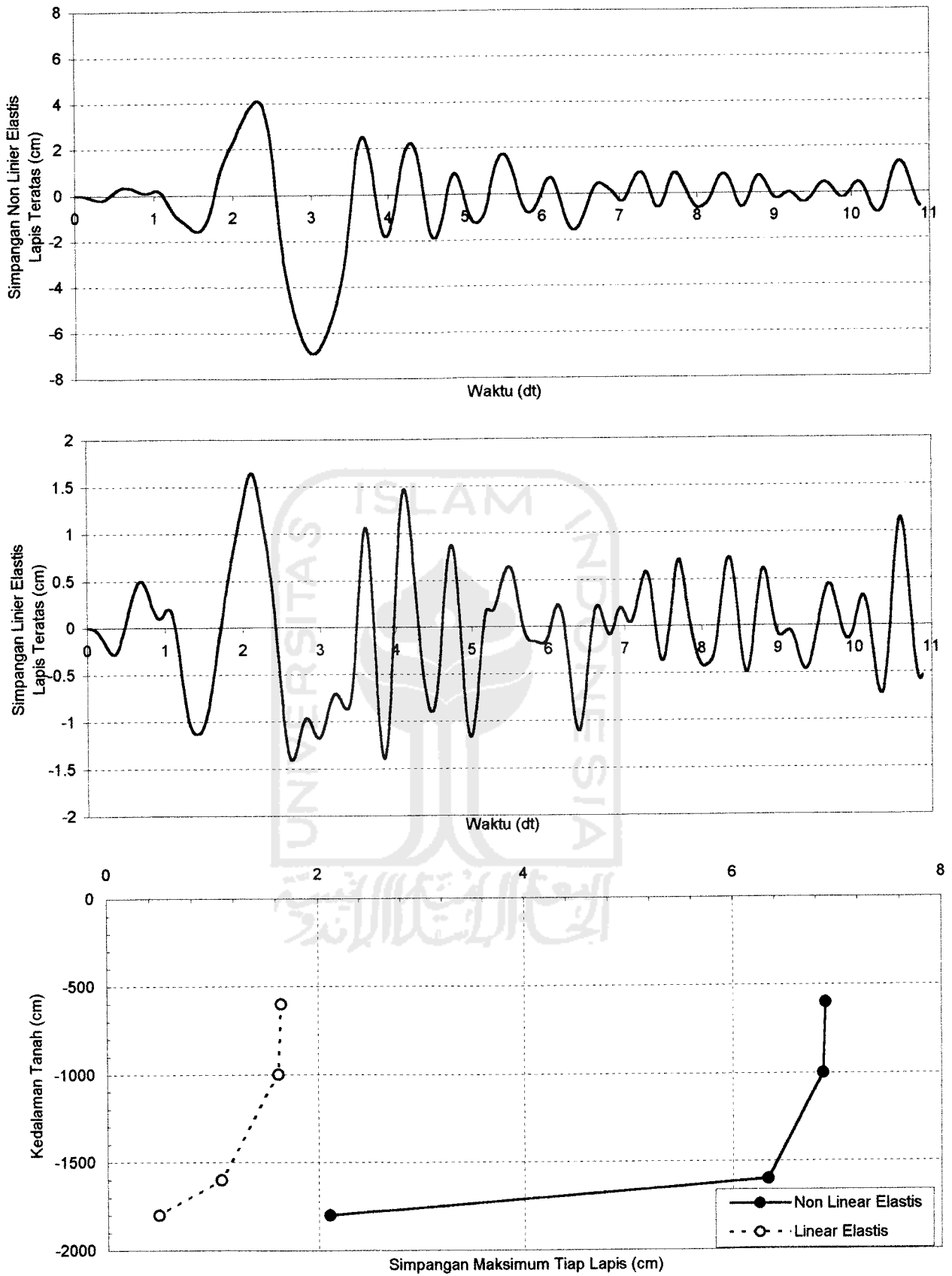
**Grafik 6.66.** Perbandingan Regangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Bucharest



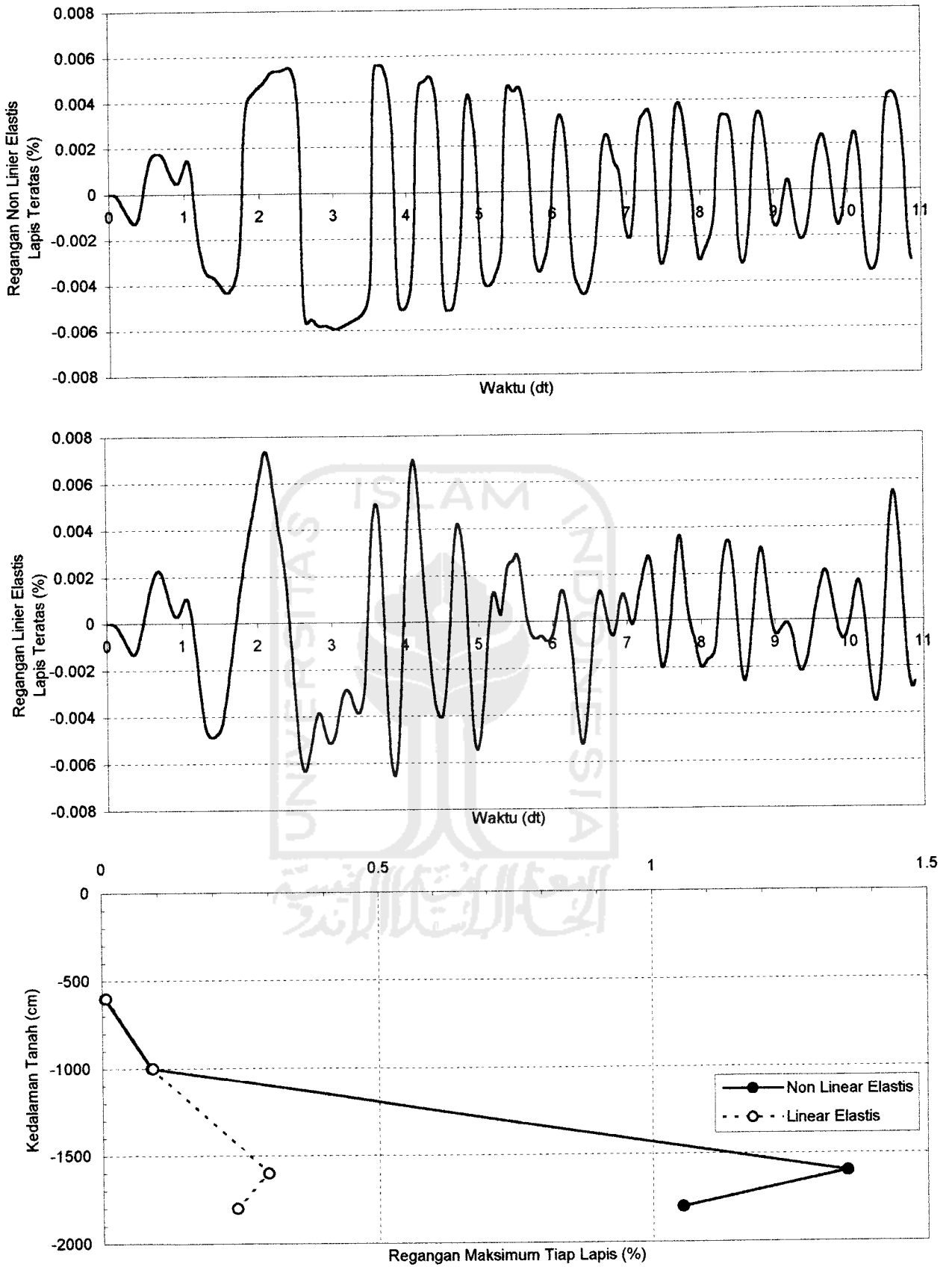
**Grafik 6.67.** Perbandingan Percepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa BucharestBucharest



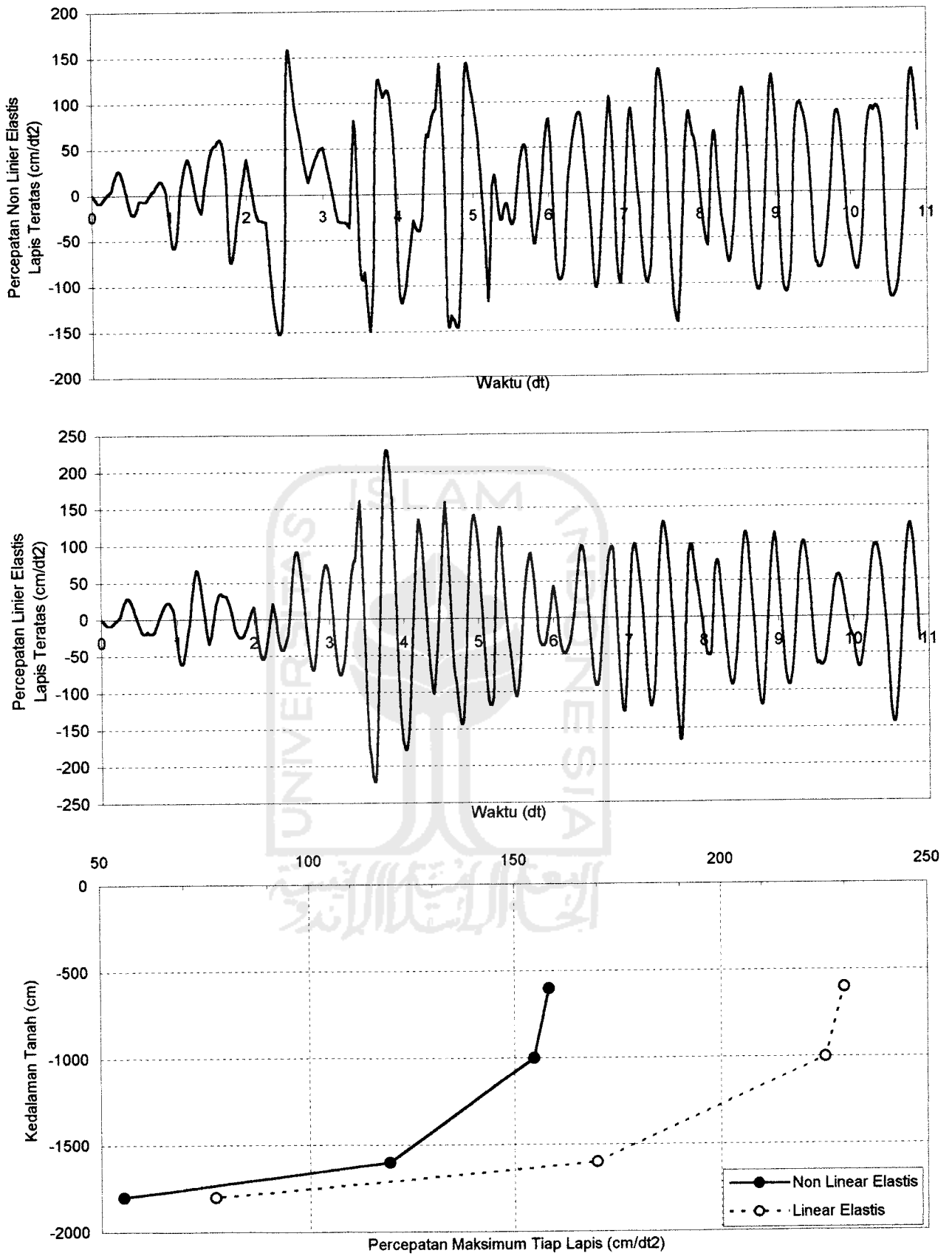
**Grafik 6.68.** Perbandingan Kecepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Bucharest



**Grafik 6.69.** Perbandingan Simpangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawangsari I Sukoharjo Akibat Gempa Bucharest

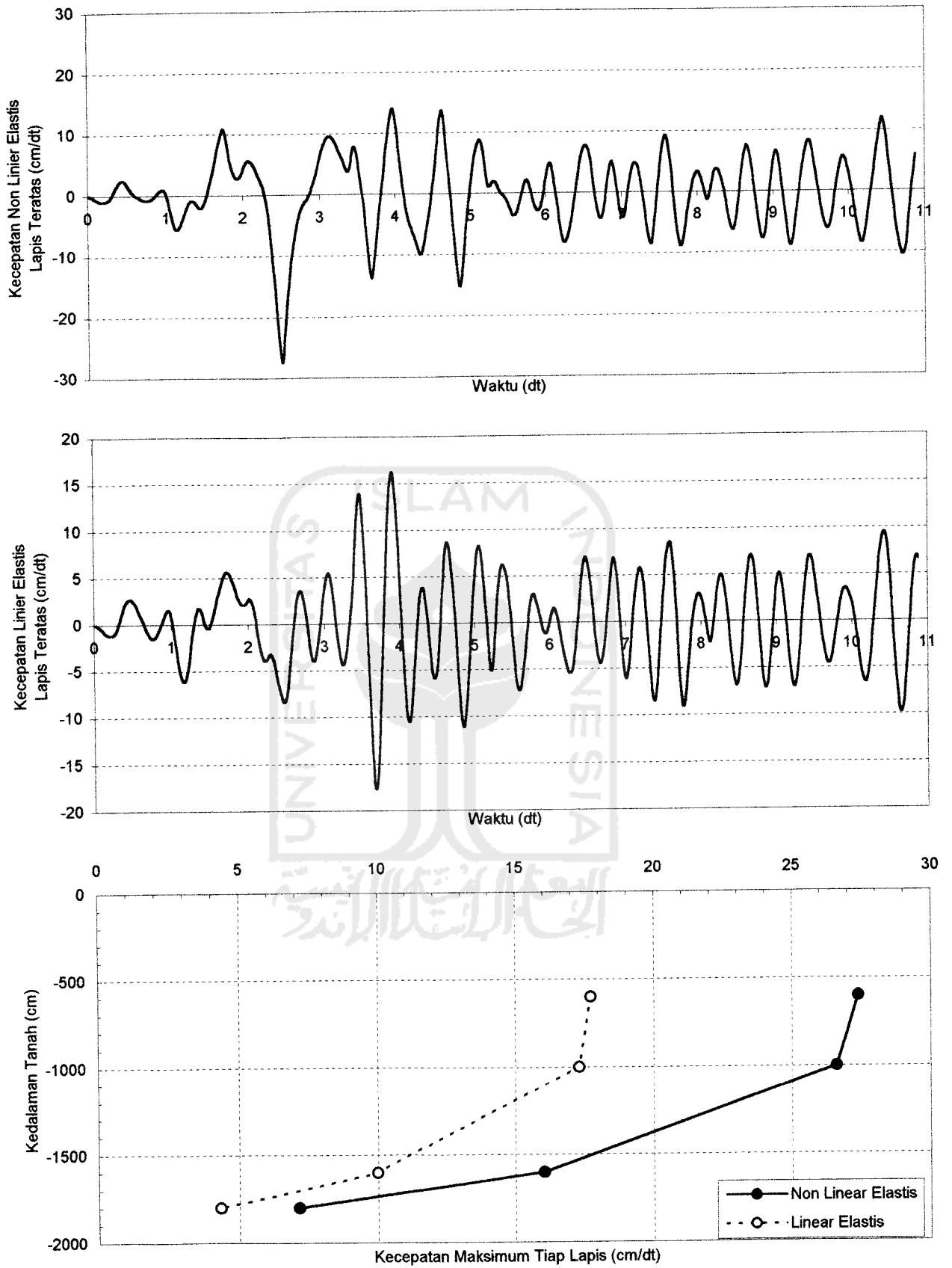


**Grafik 6.70.** Perbandingan Regangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawangsari I Sukoharjo Akibat Gempa Bucharest

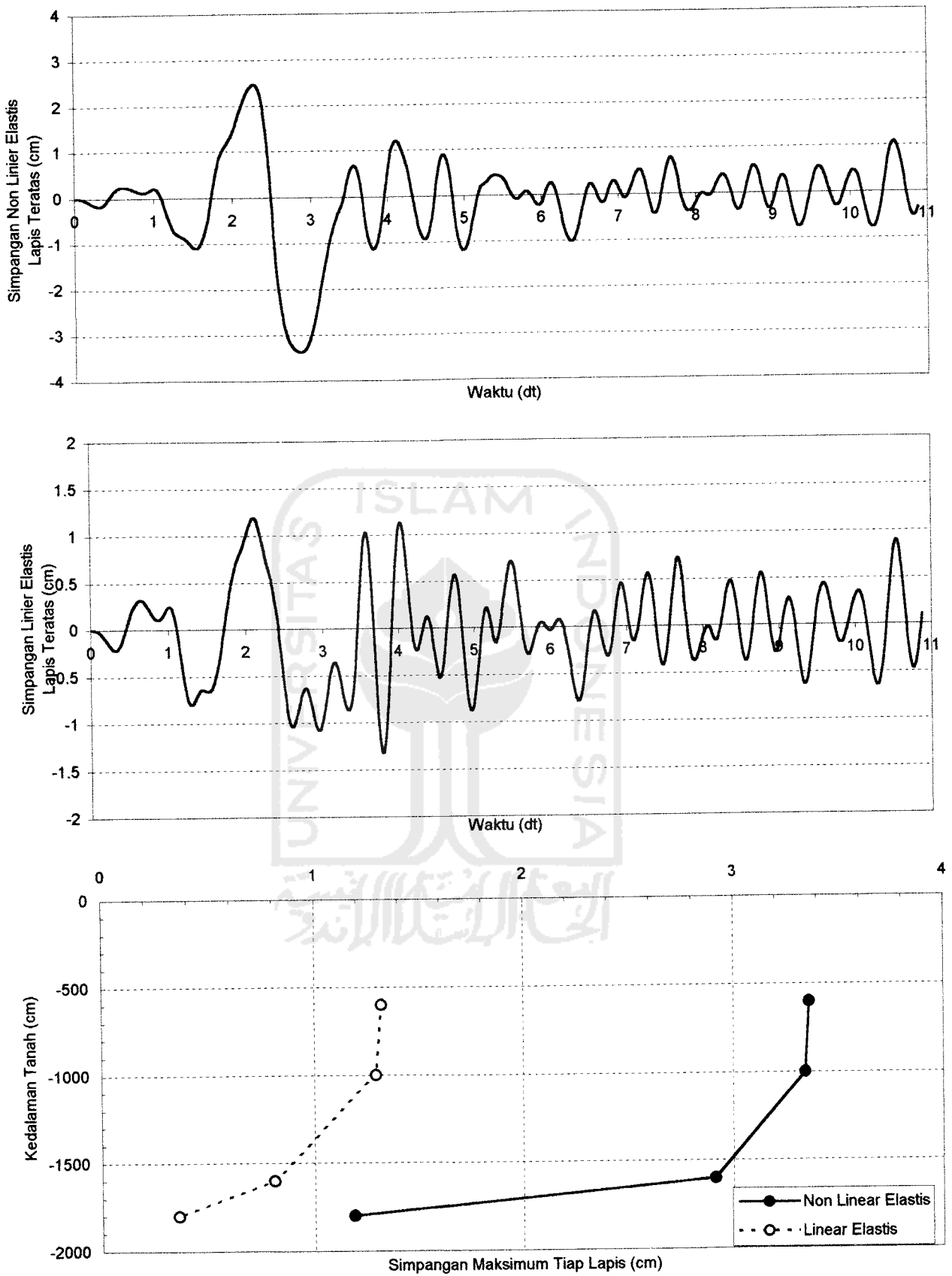


**Grafik 6.71.** Perbandingan Percepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawangsari I Sukoharjo Akibat Gempa Bucharest

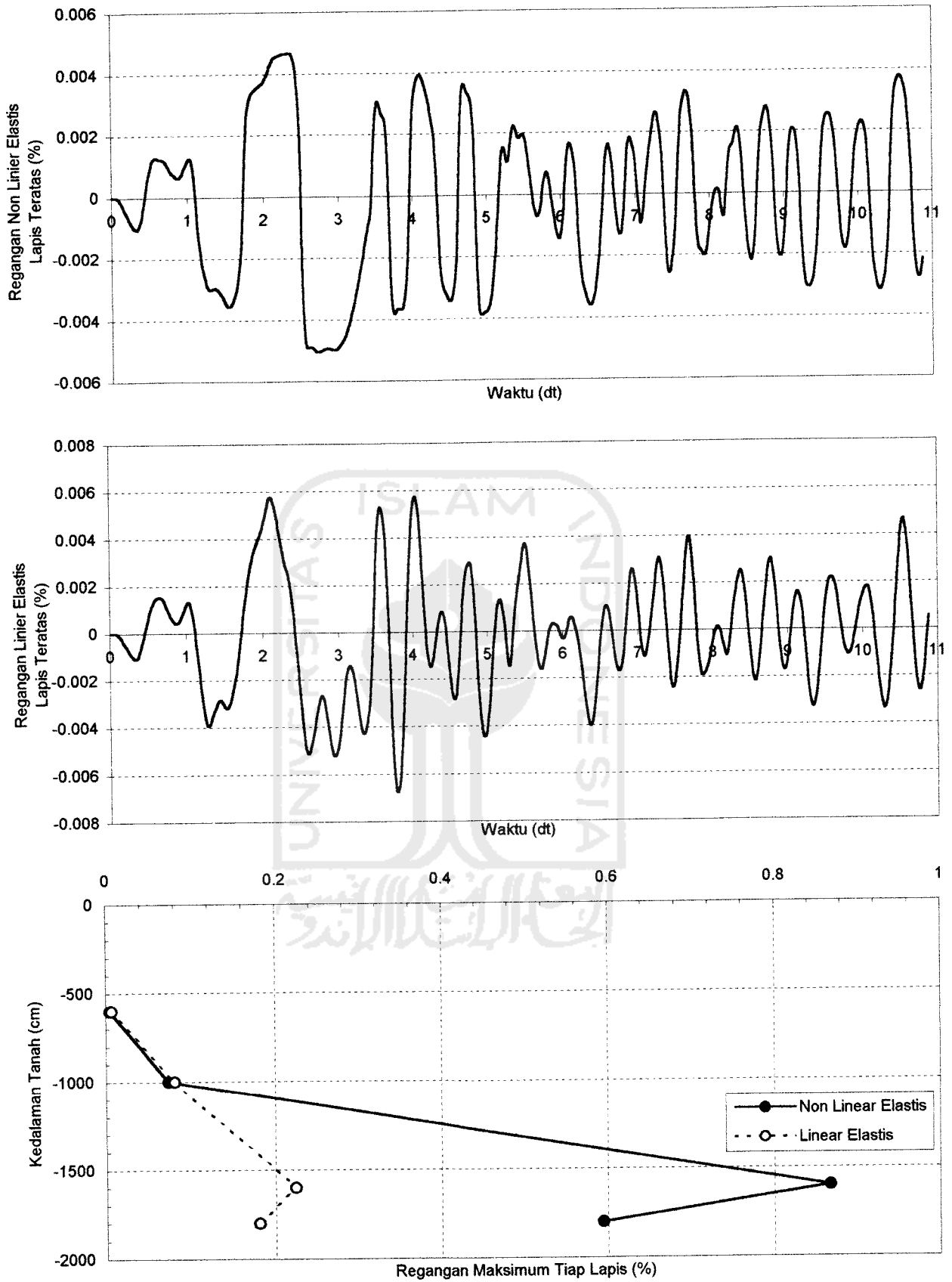




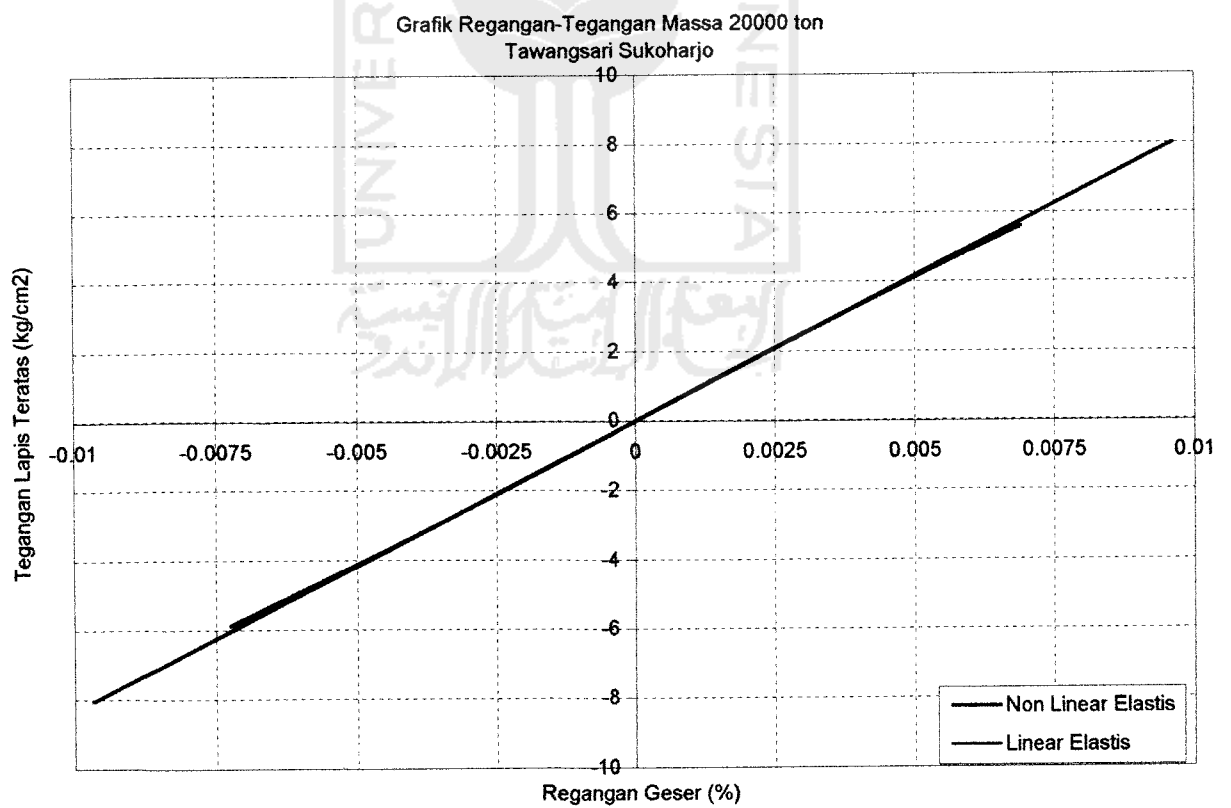
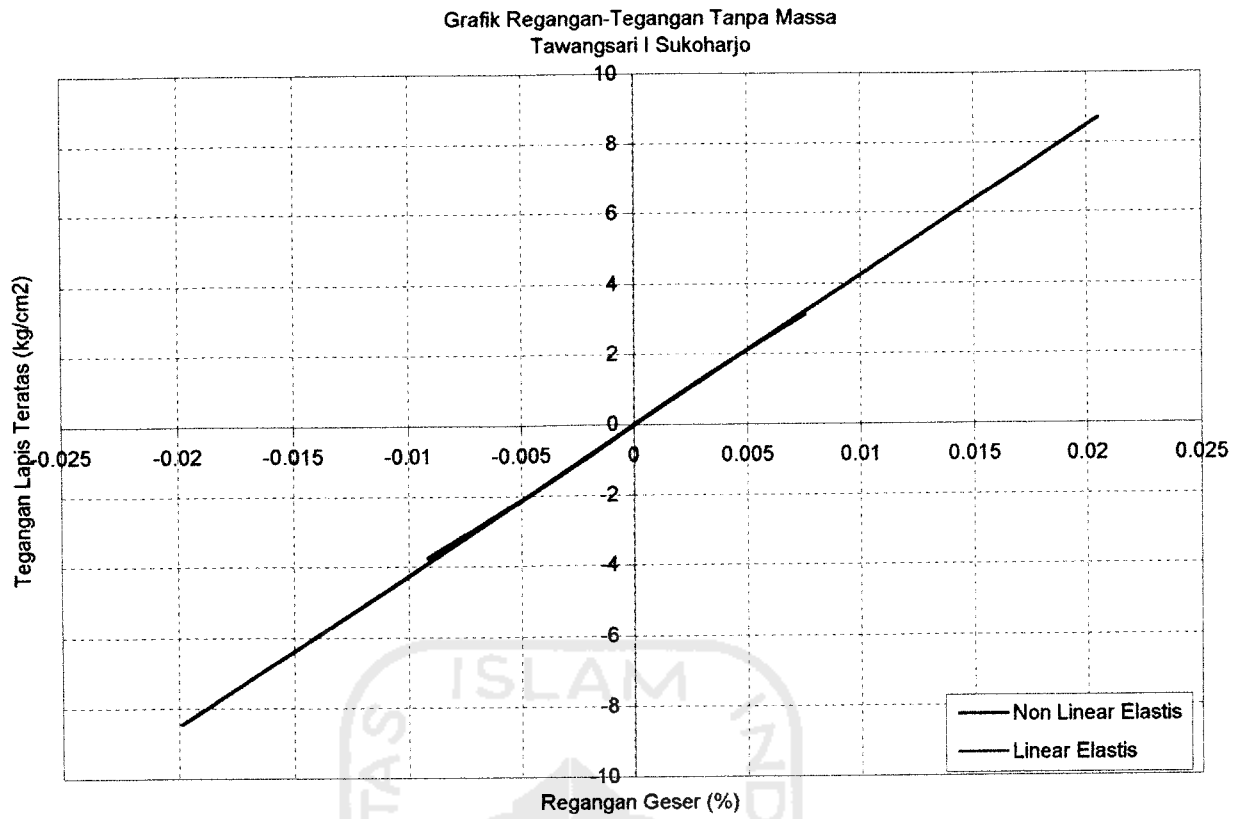
**Grafik 6.72.** Perbandingan Kecepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawangsari I Sukoharjo Akibat Gempa Bucharest



**Grafik 6.73.** Perbandingan Simpangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawangsari I Sukoharjo Akibat Gempa Bucharest

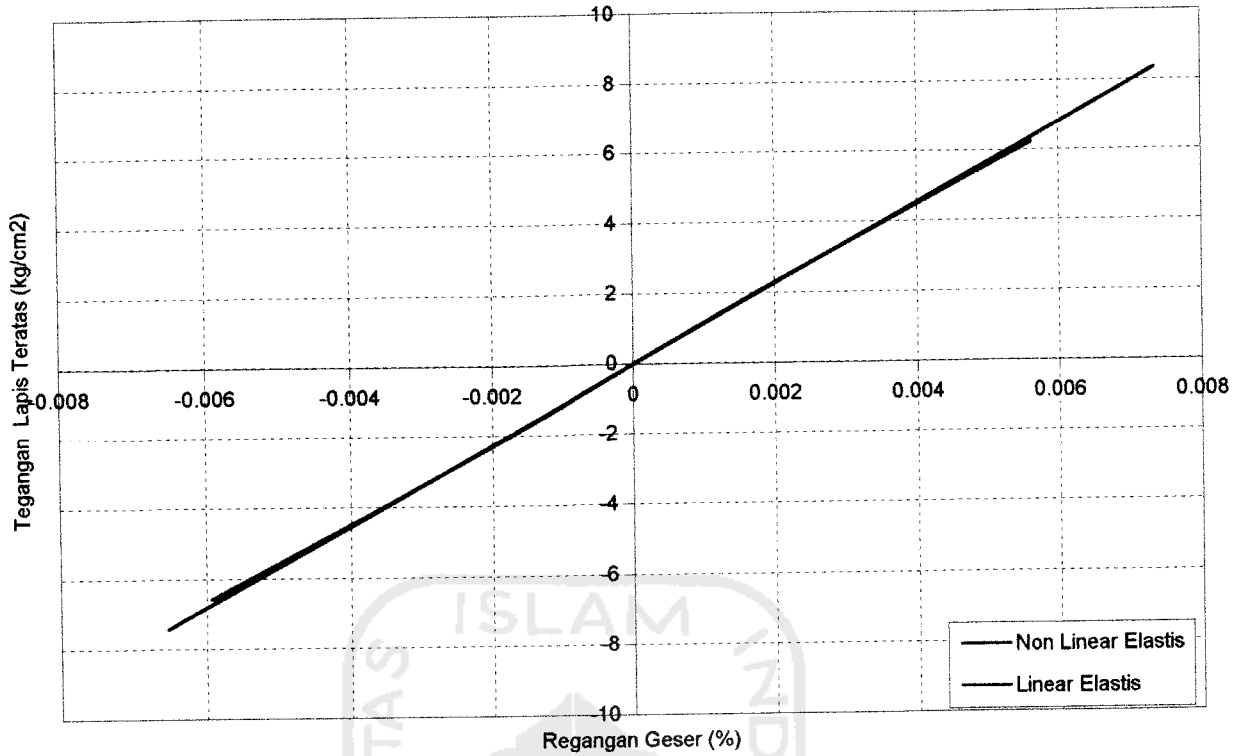


**Grafik 6.74.** Perbandingan Regangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawangsari I Sukoharjo Akibat Gempa Bucharest

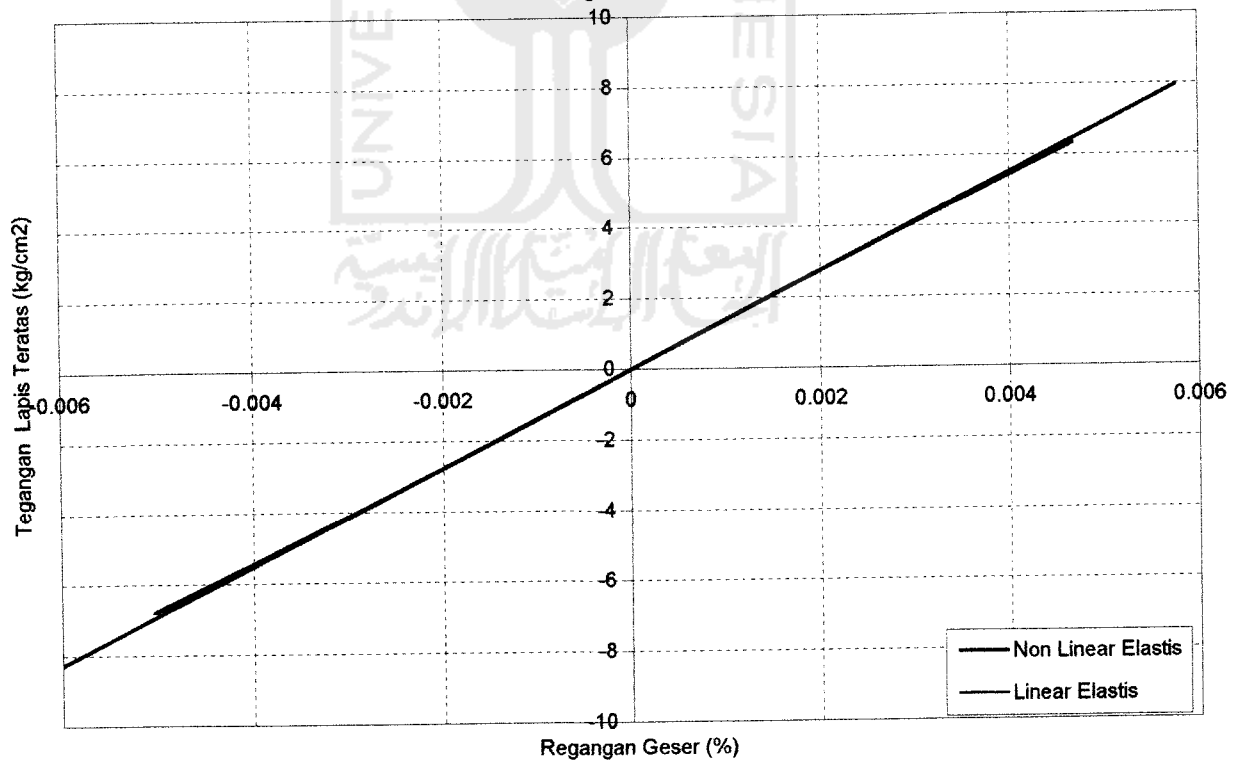


**Grafik 6.75.** Perbandingan Regangan-Tegangan Tanah Non Linier dan Linier Elastis Tanpa Massa dan Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Bucharest

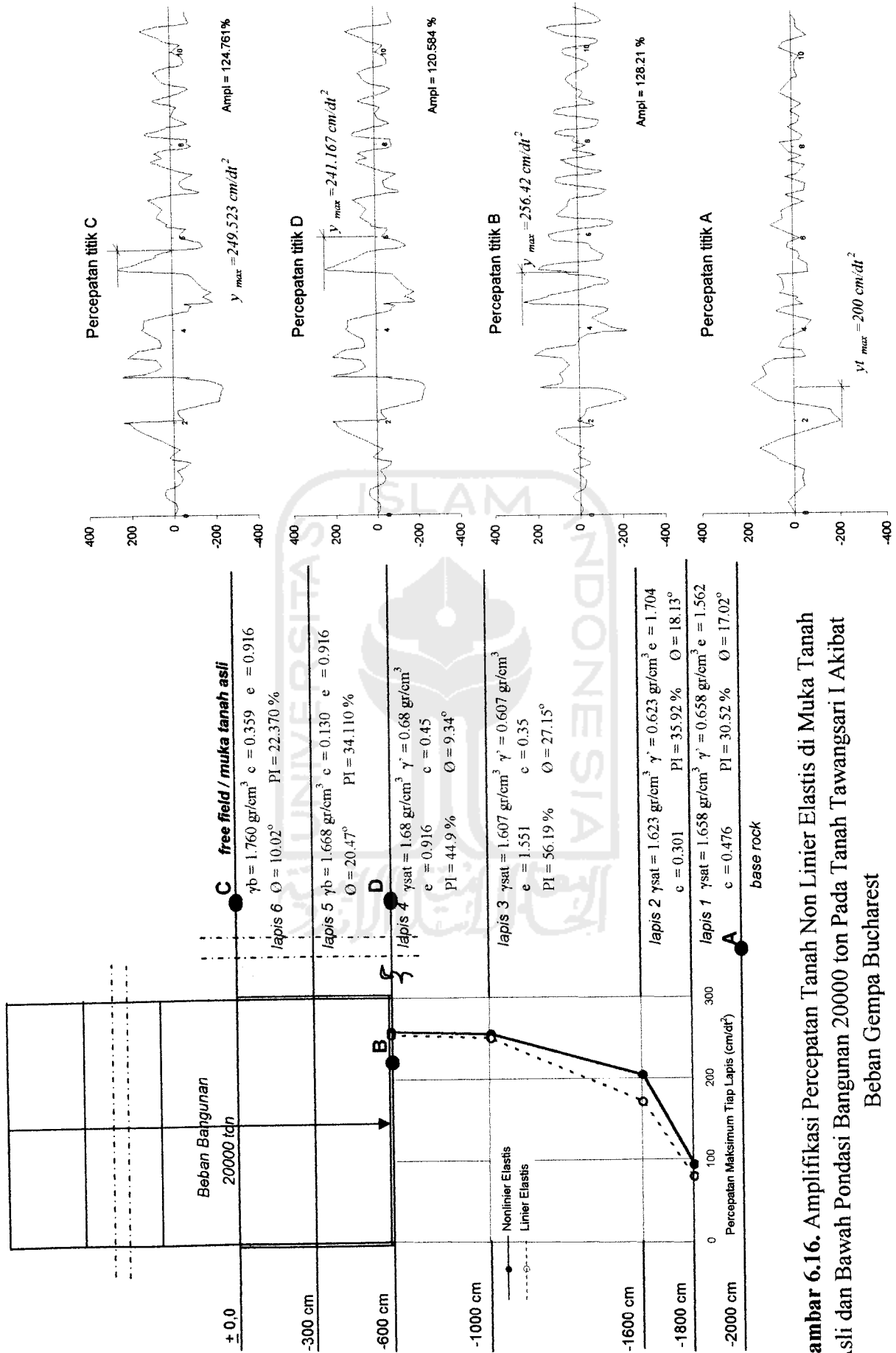
Grafik Regangan-Tegangan Massa 40000 ton  
Tawang Sari I Sukoharjo



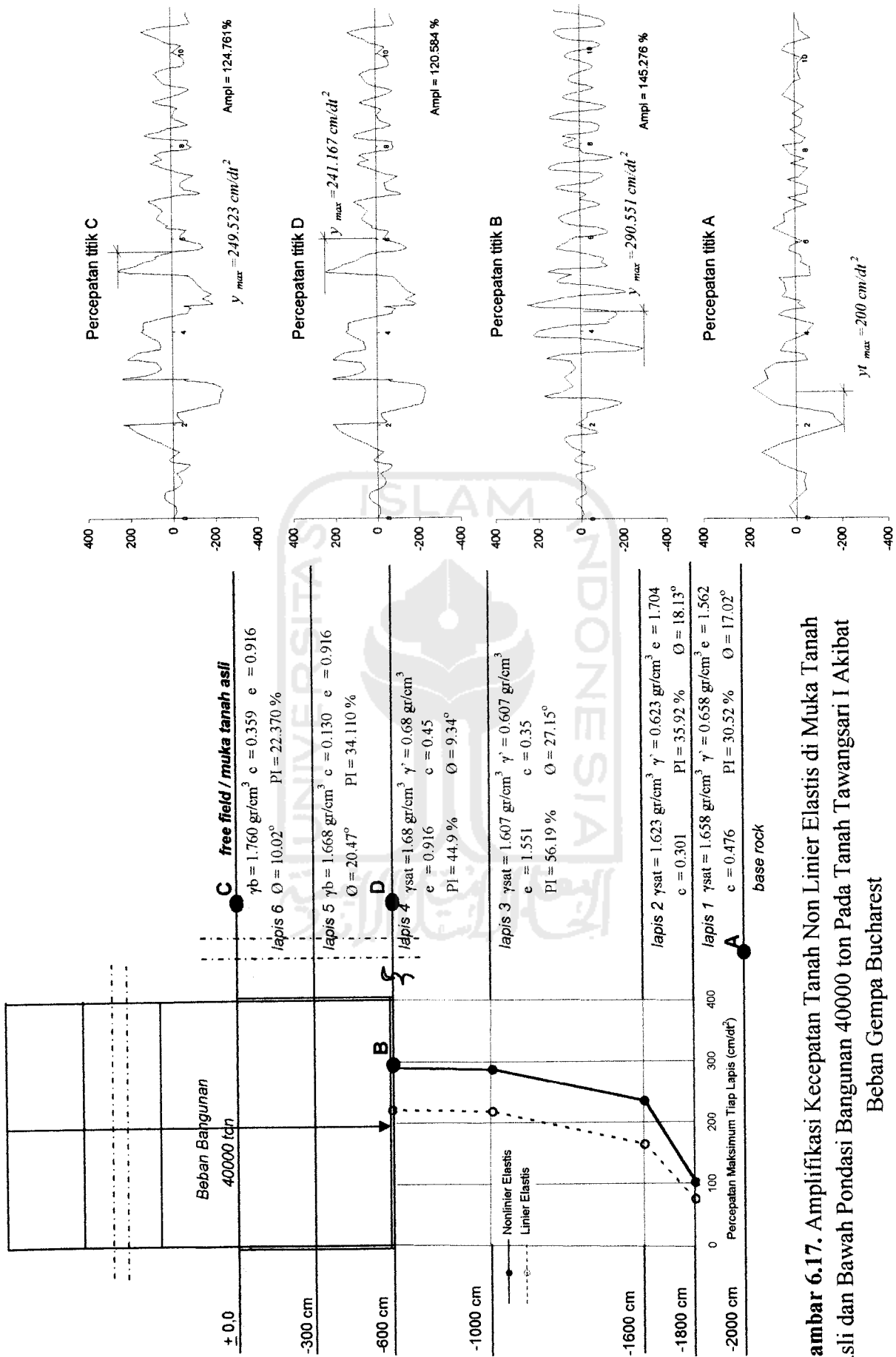
Grafik Regangan-Tegangan Massa 60000 ton  
Tawang Sari I Sukoharjo



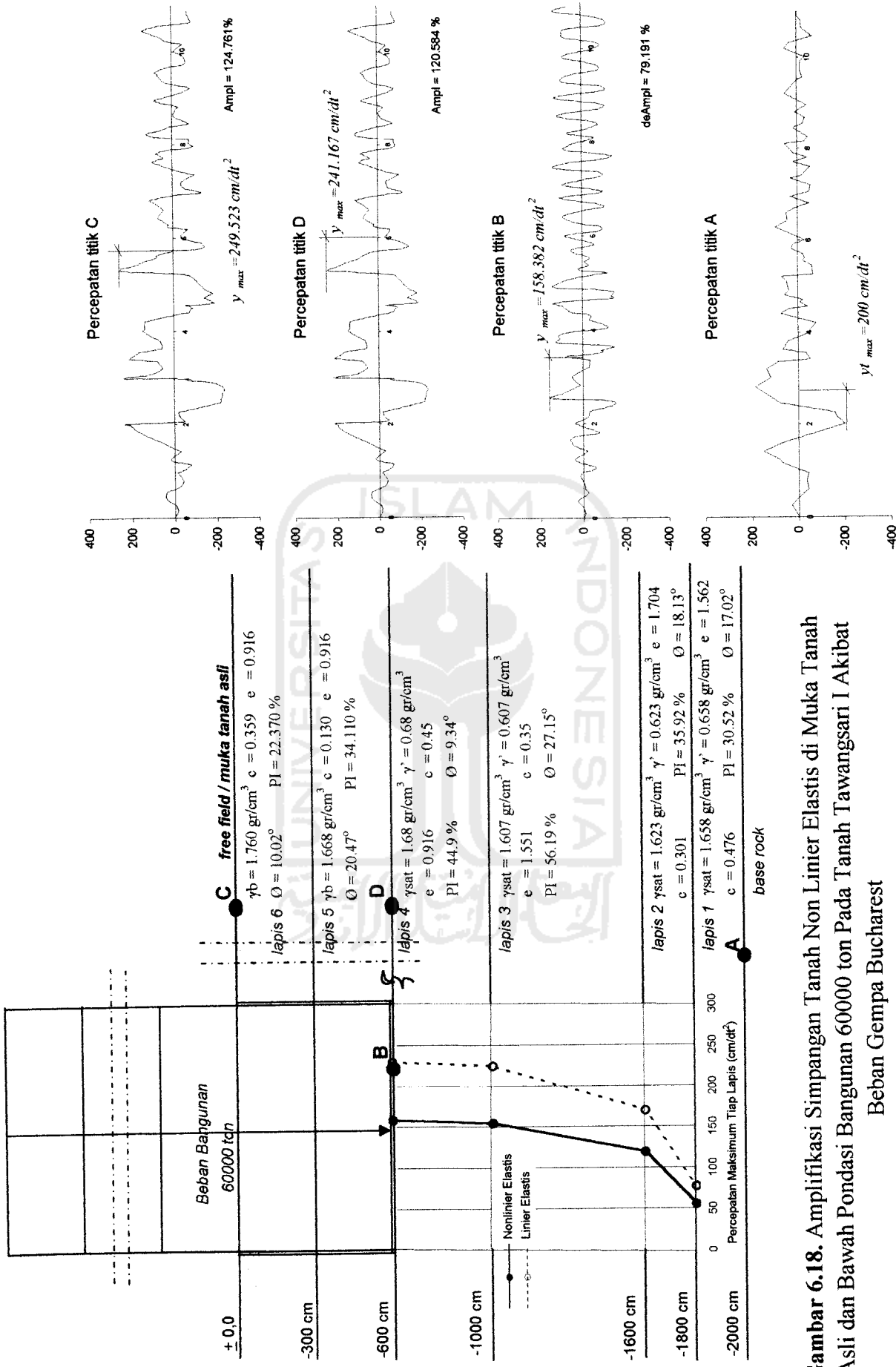
**Grafik 6.76.** Perbandingan Regangan-Tegangan Tanah Non Linier dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton dan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Tanah Tawang Sari I Sukoharjo Akibat Gempa Bucharest



**Gambar 6.16.** Amplifikasi Percepatan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 20000 ton Pada Tanah Tawangsari I Akibat Beban Gempa Bucharest



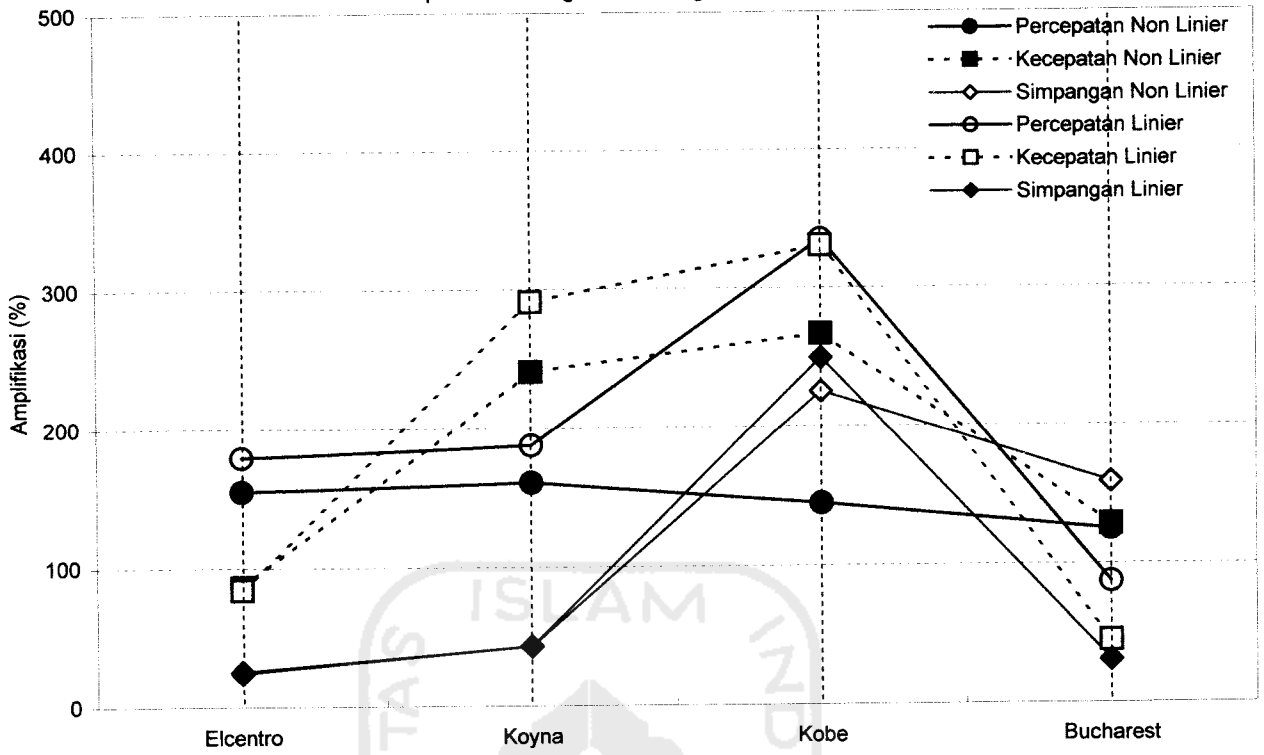
**Gambar 6.17.** Amplifikasi Kecepatan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 40000 ton Pada Tanah Tawangsari I Akibat Beban Gempa Bucharest



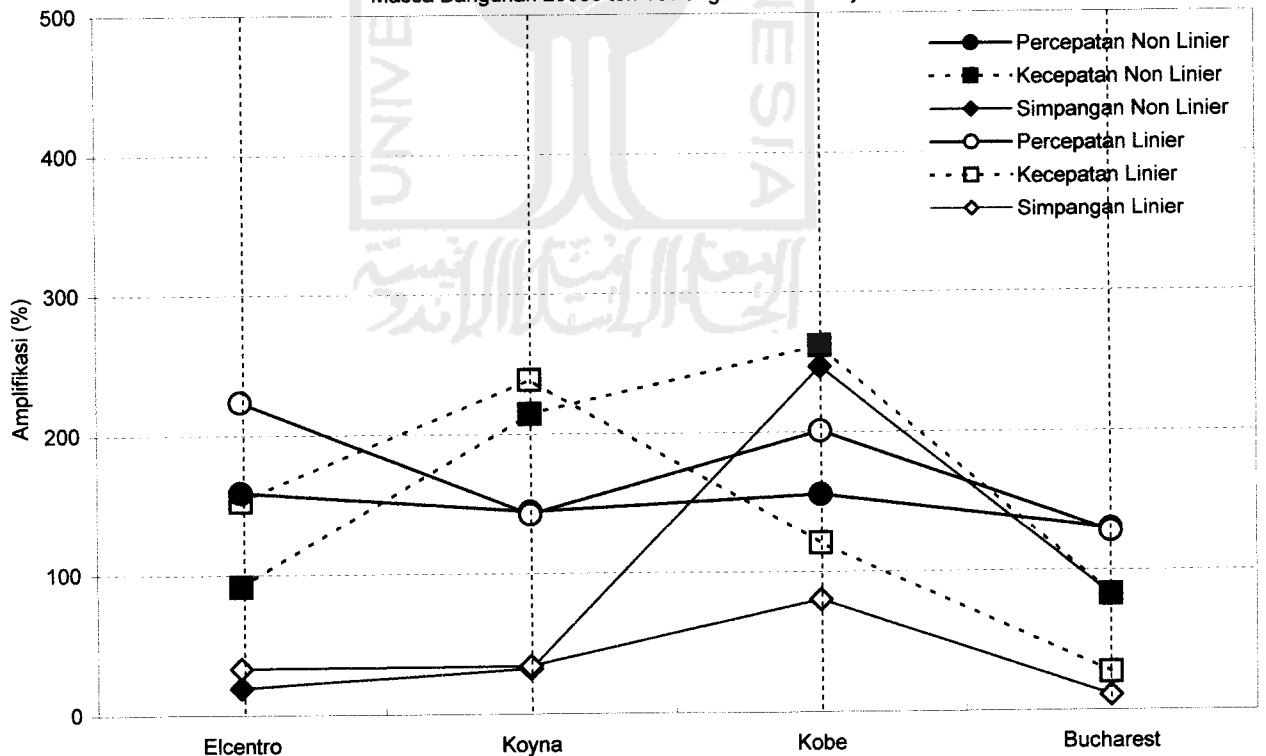
**Gambar 6.18.** Amplifikasi Simpangan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 60000 ton Pada Tanah Tawangsari I Akibat Beban Gempa Bucharest



Amplifikasi Non Linier Elastis dan Linier Elastis Gempa Tanpa Massa Bangunan Tawang Sari I Sukoharjo

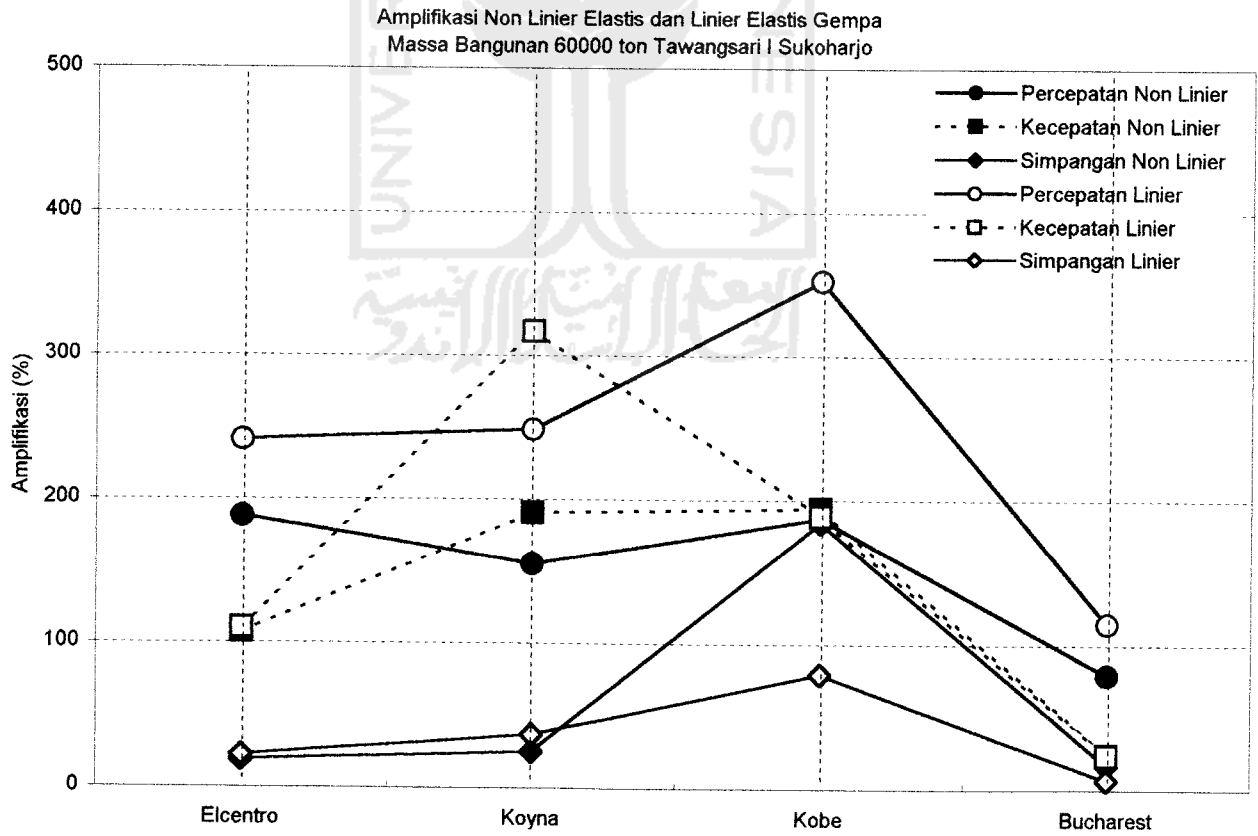
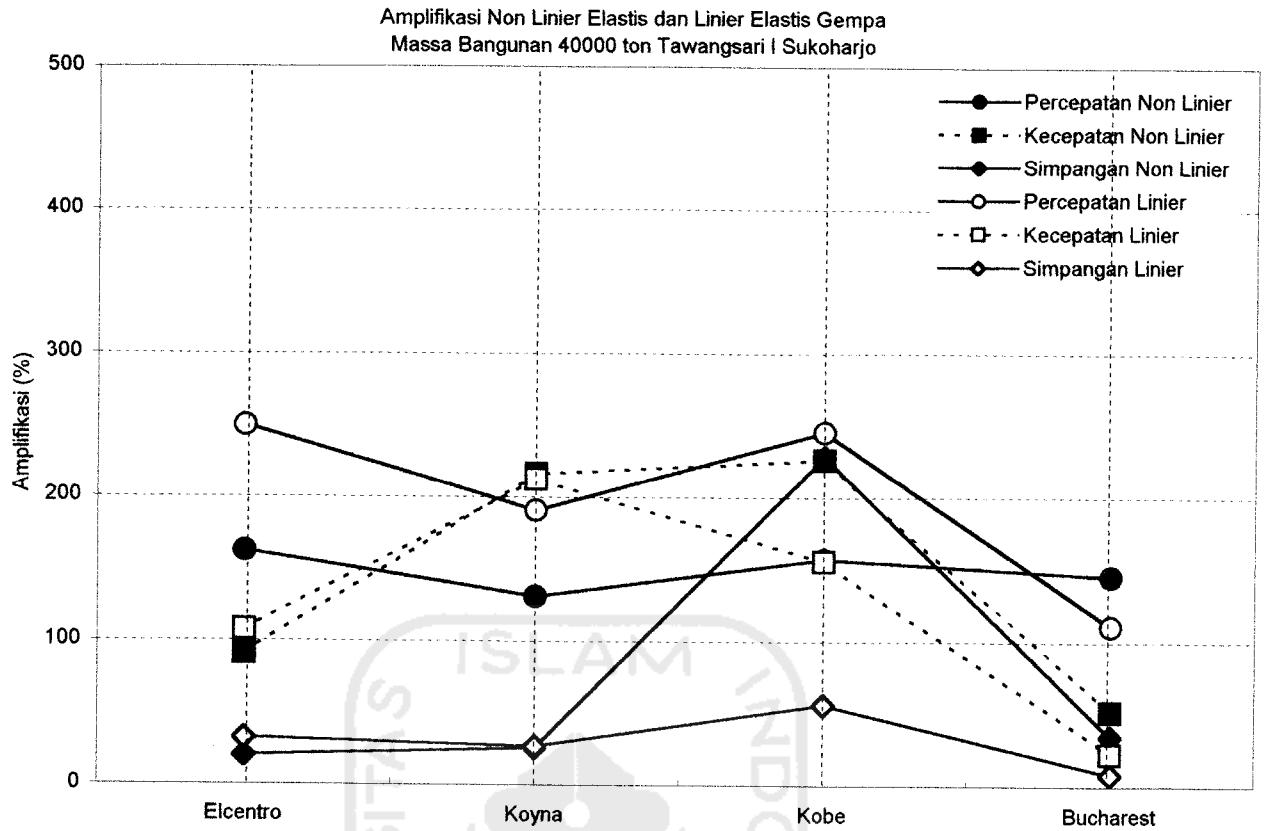


Amplifikasi Non Linier Elastis dan Linier Elastis Gempa Massa Bangunan 20000 ton Tawang Sari I Sukoharjo



**Grafik 6.77.** Perbandingan Amplifikasi Percepatan, Kecepatan, dan Simpangan Non Linier dan Linier Elastis Tanah Tawang Sari I Pada Kondisi Tanpa Massa dan Dengan Massa Bangunan 20000 ton Akibat Gempa

**Grafik 6.**  
Non



**Grafik 6.78.** Perbandingan Amplifikasi Percepatan, Kecepatan, dan Simpangan Non Linier dan Linier Elastis Tanah Tawang Sari I Pada Kondisi Massa Bangunan 40000 ton dan Massa 60000 ton Akibat Gempa

### **6.3. Hasil Analisis Respon Seismik Untuk Data Tanah Tawangsari Dua**

Hasil analisis respon serta perbandingan yang berupa frekuensi, simpangan, kecepatan, percepatan, regangan, dan tegangan untuk data tanah Tawangsari II untuk lapis teratas dengan beban gempa Elcentro, Koyna, Kobe, dan Bucharest pada kondisi tanah tanpa massa bangunan maupun dengan massa yang divariasikan 20000 ton, 40000 ton dan 60000 ton, untuk tanah linear elastis maupun non linear elastis dapat dilihat pada Tabel 6.25 sampai dengan Tabel 6.48. Sedangkan grafik respon seismik maksimum yang berupa regangan, simpangan, kecepatan dan percepatan tiap lapis tanah serta grafik respon seismik lapisan tanah teratas selengkapnya dapat dilihat pada Grafik 6.81 sampai Grafik 6.152.

#### **6.3.1. Tegangan Dan Regangan Untuk Tanah Tawangsari Dua**

Jika terjadi gempa maka kekakuan tanah akan berubah sehingga sifat tanahnya juga akan berubah, yang semula bersifat linear elastis (kekakuan dan massa tetap) maka akan berubah menjadi non linear elastis (kekakuan berubah-ubah dan massa tetap) bahkan bisa berubah menjadi non linear non elastis (kekakuan dan massa berubah-ubah).

Jika kekakuan tanah berubah maka respon seismiknya juga akan berubah dan jika dibandingkan antara respon seismik tanah pada kondisi linear elastis dengan kondisi non linear elastis akan menghasilkan selisih yang cukup besar, umumnya kondisi linear elastis respon seismiknya lebih besar dari respon non linear elastis.

Perbandingan regangan maksimum pada lapis teratas antara tanah pada kondisi linear elastis dan non linear elastis hasilnya dapat dilihat pada Tabel 6.37 dari data tersebut terlihat bahwa regangan yang terjadi pada kondisi non linear elastis lebih besar dibanding pada kondisi linear elastis untuk keadaan tanpa massa dan keadaan dengan massa pada kondisi linear elastis lebih besar dibanding pada kondisi non linear elastis.

Sedangkan dari data Tabel 6.39 dapat juga disimpulkan bahwa dengan bertambahnya massa maka regangan yang terjadi akan semakin kecil baik pada kondisi linear elastis maupun kondisi non linear elastis hal ini disebabkan dengan bertambahnya massa maka akan menambah tegangan vertikal sehingga modulus geser maksimum akan membesar, modulus geser besar berarti kekakuan akan membesar dan simpangan akan mengecil pada akhirnya regangan akan mengecil karena regangan merupakan fungsi dari simpangan seperti pada Persamaan 3.70.

Grafik regangan terhadap waktu akibat gempa Elcentro terlihat pada Grafik 6.81 sampai dengan Grafik 6.96 , akibat gempa Koyna pada Grafik 6.99 sampai dengan Grafik 6.114, akibat gempa Kobe pada Grafik 6.117 sampai dengan Grafik 6.132 sedangkan akibat gempa Bucharest pada grafik 6.135 sampai dengan Grafik 6.150. Dari semua grafik tersebut didapat regangan minimum dengan massa maupun tanpa massa sebesar 0,0077% ( $0,77 \cdot 10^{-5}$ ) untuk kondisi non linier elastis dan sebesar 0.0089% ( $0,89 \cdot 10^{-5}$ ) untuk kondisi linier elastis. Sedangkan regangan maksimum dengan massa maupun tanpa massa sebesar 0,074% ( $0,74 \cdot 10^{-4}$ ) untuk kondisi non linier elastis dan sebesar 0,065% ( $0,65 \cdot 10^{-4}$ ) untuk kondisi linier elastis. Berdasarkan gambar 3.12 (K.Ishihara, 1982) karena

regangan yang terjadi  $< 10^{-3}$  maka regangannya termasuk regangan menengah (*medium strain*). Ketika kondisi tanah masuk pada daerah medium strain, maka penggunaan *Visco-elastic Model* dan *Equivalent Linear Method* dapat digunakan, yang berarti modulus geser dan damping rasio dapat ditentukan sebagai fungsi dari regangan geser.

Perbandingan tegangan maksimum pada lapis teratas antara tanah linear elastis dan non linear elastis hasilnya dapat dilihat pada Tabel 6.38, Tabel 6.40, dan Tabel 6.42. Dari Tabel tersebut terlihat bahwa hasil tegangan yang terjadi pada kondisi tanpa massa maupun dengan massa dan juga dengan massa yang divariasikan, tegangan tanah linear elastis lebih besar dari pada tegangan tanah non linear elastis.

### 6.3.2. Frekuensi Untuk Data Tanah Tawangsari Dua

Dari Tabel 6.28 terlihat bahwa tanah pada kondisi tanah linear elastis frekuensi yang terjadi cenderung lebih besar dari pada frekuensi pada tanah non linear elastis baik tanpa massa maupun dengan bertambahnya massa. Pada tabel yang sama apabila dibandingkan besarnya frekuensi antara tanah tanpa massa dengan tanah yang terdapat massanya maka akan didapatkan bahwa tanah tanpa massa frekuensinya akan lebih kecil dari pada tanah yang terdapat massa di atasnya, begitu juga dengan bertambahnya massa maka akan ada kecenderungan nilai kandungan frekuensinya membesar.

Terjadinya perubahan kandungan frekuensi diakibatkan adanya perubahan modulus geser dan juga adanya perubahan *initial eigen-value* ( $\lambda$ ), semakin

besar modulus gesernya maka kekakuan tanahnya juga akan semakin besar. Pada tanah yang mempunyai massa tetap namun kekakuan tanah serta lamdanya semakin besar maka frekuensinya akan semakin besar pula. Tetapi jika *initial eigen-value* ( $\lambda$ ) semakin kecil, massanya tetap dan kekakuannya semakin besar maka kandungan frekuensi yang didapat belum tentu besar namun dapat pula lebih kecil.

### 6.3.3. Hasil Simpangan Untuk Data Tanah Tawangsari Dua

Hasil analisis simpangan maksimum serta perbandingan antara tanah linear elastis dengan non linear elastis pada kondisi tanpa massa maupun dengan massa yang divariasikan dapat dilihat pada Tabel 6.27. Dari Tabel tersebut terlihat bahwa kondisi tanah linear elastis untuk gempa dengan frekuensi tinggi simpangan maksimumnya lebih besar jika dibanding dengan kondisi non linear elastis, sedangkan untuk gempa dengan frekuensi rendah simpangan maksimum pada kondisi linear elastis lebih kecil dari pada kondisi non linear elastis.

Pada Tabel 6.31. adalah perbandingan simpangan maksimum antara tanah tanpa massa dengan tanah yang terdapat massa yang divariasikan, dari tabel tersebut terlihat bahwa kondisi tanah tanpa massa simpangan maksimumnya akan lebih besar dari pada tanah dengan kondisi terdapat massa di atasnya dan selisihnya akan semakin membesar bila massa tanah diperbesar, baik pada kondisi linier elastis maupun dengan kondisi non linier elastis.

Selain itu pada Tabel 6.35. adalah perbandingan antara tanah pada kondisi linear elastis maupun non linear elastis dengan massa yang divariasikan, dari

Tabel tersebut dapat disimpulkan dengan bertambahnya massa maka simpangan akan terus mengecil baik pada kondisi linear elastis maupun kondisi non linear elastis.

#### **6.3.4. Hasil Kecepatan Untuk Data Tanah Tawangsari Dua**

Hasil analisis kecepatan maksimum serta perbandingan antara tanah linear elastis dengan non linear elastis pada kondisi tanpa massa maupun dengan massa yang divariasikan dapat dilihat pada Tabel 6.26. Dari Tabel tersebut terlihat bahwa kondisi tanah dengan massa bangunan linear elastis untuk gempa dengan frekuensi tinggi kecepatan maksimumnya lebih besar jika dibanding dengan kondisi non linear elastis, dan gempa dengan frekuensi rendah kecepatan maksimum linear elastis lebih kecil jika dibanding dengan kondisi non linear elastis dengan massa bangunan.

Pada Tabel 6.30. adalah perbandingan kecepatan maksimum antara tanah tanpa massa dengan tanah yang terdapat massa yang divariasikan, dari tabel tersebut terlihat bahwa kondisi tanah tanpa massa baik linier maupun non linier elastis untuk semua gempa kecepatan maksimumnya cenderung lebih kecil dari pada tanah dengan kondisi terdapat massa di atasnya dan selisihnya akan lebih besar bila massanya lebih besar.

Selain itu pada Tabel 6.34. adalah perbandingan antara massa tanah kecil dan dengan massa tanah besar pada kondisi linear elastis maupun non linear elastis, dari Tabel tersebut dapat disimpulkan dengan bertambahnya massa maka

kecepatan akan terus mengecil baik pada kondisi linear elastis maupun kondisi non linear elastis.

#### **6.3.5. Hasil Percepatan Untuk Data Tanah Tawangsari Dua**

Hasil analisis percepatan maksimum serta perbandingan antara tanah linear elastis dengan non linear elastis pada kondisi tanpa massa maupun dengan massa yang divariasikan dapat dilihat pada Tabel 6.25. Dari Tabel tersebut terlihat bahwa kondisi linear elastis tanah tanpa massa dan dengan massa bangunan untuk gempa dengan frekuensi tinggi percepatan maksimumnya lebih besar, sedangkan untuk gempa dengan frekuensi rendah percepatan maksimumnya cenderung lebih besar.

Pada Tabel 6.29. adalah perbandingan percepatan maksimum antara tanah tanpa massa dengan tanah yang terdapat massa bangunan yang divariasikan, dari tabel tersebut terlihat bahwa kondisi tanah tanpa massa bangunan untuk gempa frekuensi tinggi percepatan maksimumnya cenderung akan lebih kecil, sedangkan pada gempa dengan frekuensi rendah percepatan maksimum cenderung lebih besar.

Selain itu pada Tabel 6.33. adalah perbandingan antara massa tanah yang kecil dan dengan massa tanah yang lebih besar pada kondisi linear elastis maupun non linear elastis, dari Tabel tersebut dapat disimpulkan dengan bertambahnya massa maka percepatan akan terus membesar pada gempa dengan frekuensi tinggi baik pada kondisi linear elastis maupun kondisi non linear elastis dan percepatan



akan terus mengecil pada gempa dengan frekuensi rendah baik pada kondisi linear elastis maupun kondisi non linear elastis.



**Tabel 6.25.** Perbandingan Percepatan Maksimum Antara Tanah Linear dan Nonlinear Elastis Pada Kondisi Tanpa Massa dan Dengan Massa Akibat Gempa Untuk Tanah Tawang Sari II Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanpa Massa Bangunan			Massa Bangunan 20000 Ton		
		Linear Elastis (cm/dt <sup>2</sup> )	Non Linear Elastis (cm/dt <sup>2</sup> )	Selisih (%)	Linear Elastis (cm/dt <sup>2</sup> )	Non Linear Elastis (cm/dt <sup>2</sup> )	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	458.3074	433.8936	5.3269	622.3303	481.5928	22.6146
2. Koyna	200.0000	494.2531	389.2588	21.2430	314.4805	494.76	-57.3261
3. Kobe	200.0000	657.6263	397.9574	39.4858	410.6519	360.1495	12.2981
4. Bucharest	200.0000	202.2135	378.8722	-87.3625	257.3952	364.1101	-41.4596
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Massa Bangunan 40000 Ton			Massa Bangunan 60000 Ton		
		Linear Elastis (cm/dt <sup>2</sup> )	Non Linear Elastis (cm/dt <sup>2</sup> )	Selisih (%)	Linear Elastis (cm/dt <sup>2</sup> )	Non Linear Elastis (cm/dt <sup>2</sup> )	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	760.0159	493.1207	35.1171	914.4477	748.4477	18.1530
2. Koyna	200.0000	345.1534	323.5549	6.2577	412.821	268.4396	34.9743
3. Kobe	200.0000	497.0368	328.4191	33.9246	613.3309	334.4144	45.4757
4. Bucharest	200.0000	228.3321	346.4275	-51.7209	218.4961	270.4123	-23.7607

**Tabel 6.26.** Perbandingan Kecepatan Maksimum Antara Tanah Linear dan Nonlinear Elastis Pada Kondisi Tanpa Massa dan Dengan Massa Akibat Gempa Untuk Tanah Tawang Sari II Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanpa Massa Bangunan			Massa Bangunan 20000 Ton		
		Linear Elastis (cm/dt)	Non Linear Elastis (cm/dt)	Selisih (%)	Linear Elastis (cm/dt)	Non Linear Elastis (cm/dt)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	21.6328	21.6788	-0.2126	24.4279	20.9238	14.3447
2. Koyna	200.0000	23.5761	23.9633	-1.6423	19.4518	17.0879	12.1526
3. Kobe	200.0000	73.8646	64.5543	12.6045	27.9453	63.8457	-128.4667
4. Bucharest	200.0000	30.0699	73.2952	-143.7494	19.1293	84.2521	-340.4348
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Massa Bangunan 40000 Ton			Massa Bangunan 60000 Ton		
		Linear Elastis (cm/dt)	Non Linear Elastis (cm/dt)	Selisih (%)	Linear Elastis (cm/dt)	Non Linear Elastis (cm/dt)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	25.8236	21.7167	15.9037	33.4191	21.8292	34.6805
2. Koyna	200.0000	22.6992	20.6561	9.0008	21.6619	15.7555	27.2663
3. Kobe	200.0000	26.4538	60.5832	-129.0151	34.3179	54.8632	-59.8676
4. Bucharest	200.0000	16.232	69.6695	-329.2108	15.8629	55.5914	-250.4492

**Tabel 6.27.** Perbandingan Simpangan Maksimum Antara Tanah Linear dan Nonlinear Elastis Pada Kondisi Tanpa Massa dan Dengan Massa Akibat Gempa Untuk Tanah Tawang Sari II Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanpa Massa Bangunan			Massa Bangunan 20000 Ton		
		Linear Elastis (cm)	Non Linear Elastis (cm)	Selisih (%)	Linear Elastis (cm)	Non Linear Elastis (cm)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	1.8169	1.6332	10.1106	1.2442	1.0795	13.2374
2. Koyna	200.0000	1.9705	1.9269	2.2126	1.5063	1.3559	9.9847
3. Kobe	200.0000	8.4312	8.3744	0.6737	2.8929	7.8038	-169.7570
4. Bucharest	200.0000	5.4078	28.582	-428.5329	2.3492	24.8939	-959.6756
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Massa Bangunan 40000 Ton			Massa Bangunan 60000 Ton		
		Linear Elastis (cm)	Non Linear Elastis (cm)	Selisih (%)	Linear Elastis (cm)	Non Linear Elastis (cm)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	1.3322	1.0091	24.2531	1.3353	0.9727	27.1549
2. Koyna	200.0000	1.6356	1.5908	2.7391	1.3521	1.1162	17.4469
3. Kobe	200.0000	1.9983	7.6608	-283.3659	2.2974	8.1201	-253.4474
4. Bucharest	200.0000	1.9052	21.1563	-1010.4503	1.6099	16.4612	-922.4983

**Tabel 6.28.** Perbandingan Frekuensi Maksimum Antara Tanah Linear dan Nonlinear Elastis Pada Kondisi Tanpa Massa dan Dengan Massa Akibat Gempa Untuk Tanah Tawang Sari II Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanpa Massa Bangunan			Massa Bangunan 20000 Ton		
		Linear Elastis (cps)	Non Linear Elastis (cps)	Selisih (%)	Linear Elastis (cps)	Non Linear Elastis (cps)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	2.1618	2.0423	5.5278	2.5996	2.3486	9.6549
2. Koyna	200.0000	2.1392	1.6575	22.5156	1.6497	2.9545	-79.0903
3. Kobe	200.0000	0.9085	0.6291	30.7582	1.4995	0.5756	61.6128
4. Bucharest	200.0000	0.6862	0.5275	23.1332	1.3730	0.4410	67.8818
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Massa Bangunan 40000 Ton			Massa Bangunan 60000 Ton		
		Linear Elastis (cps)	Non Linear Elastis (cps)	Selisih (%)	Linear Elastis (cps)	Non Linear Elastis (cps)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	3.0032	2.3170	22.8469	2.7921	3.4986	-25.3024
2. Koyna	200.0000	1.5516	1.5984	-3.0144	1.9446	1.7386	10.5976
3. Kobe	200.0000	1.9172	0.5532	71.1480	1.8237	0.6220	65.8941
4. Bucharest	200.0000	1.4354	0.5074	64.6512	1.4055	0.4964	64.6851

**Tabel 6.29.** Perbandingan Percepatan Maksimum Antara Tanah Tanpa Massa dan Dengan Massa Pada Kondisi Linear Dan Nonlinear Elastis Akibat Gempa Untuk Tanah Tawangsari II Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa Massa	Massa 20000 Ton	Selisih (%)	Tanpa Massa	Massa 20000 Ton	Selisih (%)
		(cm/dt <sup>2</sup> )	(cm/dt <sup>2</sup> )	(cm/dt <sup>2</sup> )	(cm/dt <sup>2</sup> )	(cm/dt <sup>2</sup> )	(%)
1. Elcentro	200.0000	502.3366	785.1845	-56.3064	439.8213	532.4491	-21.0603
2. Koyna	200.0000	402.4483	542.2188	-34.7301	388.2155	347.9148	10.3810
3. Kobe	200.0000	342.3171	572.6111	-67.2750	341.3089	363.7469	-6.5741
4. Bucharest	200.0000	315.5406	240.2756	23.8527	298.2546	193.2581	35.2036
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa Massa	Massa 40000 Ton	Selisih (%)	Tanpa Massa	Massa 40000 Ton	Selisih (%)
		(cm/dt <sup>2</sup> )	(cm/dt <sup>2</sup> )	(%)	(cm/dt <sup>2</sup> )	(cm/dt <sup>2</sup> )	(%)
1. Elcentro	200.0000	502.3366	803.7638	-60.0050	439.8213	554.3042	-26.0294
2. Koyna	200.0000	402.4483	569.3125	-41.4623	388.2155	437.4674	-12.6867
3. Kobe	200.0000	342.3171	361.3619	-5.5635	341.3089	395.4673	-15.8679
4. Bucharest	200.0000	315.5406	185.6558	41.1626	298.2546	182.1304	38.9346
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa Massa	Massa 60000 Ton	Selisih (%)	Tanpa Massa	Massa 60000 Ton	Selisih (%)
		(cm/dt <sup>2</sup> )	(cm/dt <sup>2</sup> )	(%)	(cm/dt <sup>2</sup> )	(cm/dt <sup>2</sup> )	(%)
1. Elcentro	200.0000	502.3366	914.4477	-82.0388	439.8213	535.9026	-21.8455
2. Koyna	200.0000	402.4483	599.3707	-48.9311	388.2155	460.0708	-18.5091
3. Kobe	200.0000	342.3171	360.5006	-5.3119	341.3089	387.0326	-13.3966
4. Bucharest	200.0000	315.5406	151.0497	52.1299	298.2546	185.6097	37.7680

**Tabel 6.30.** Perbandingan Kecepatan Maksimum Antara Tanah Tanpa Massa dan Dengan Massa Pada Kondisi Linear Dan Nonlinear Elastis Akibat Gempa Untuk Tanah Tawangsari II Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa Massa	Massa 20000 Ton	Selisih (%)	Tanpa Massa	Massa 20000 Ton	Selisih (%)
		(cm/dt)	(cm/dt)	(%)	(cm/dt)	(cm/dt)	(%)
1. Elcentro	200.0000	28.1427	27.8721	0.9615	21.6788	24.5397	-13.1968
2. Koyna	200.0000	20.0241	23.5905	-17.8105	23.9633	21.6812	9.5233
3. Kobe	200.0000	31.3307	31.5886	-0.8232	64.5543	29.3499	54.5346
4. Bucharest	200.0000	24.1764	16.6495	31.1333	73.2952	11.5513	84.2400
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa Massa	Massa 40000 Ton	Selisih (%)	Tanpa Massa	Massa 40000 Ton	Selisih (%)
		(cm/dt)	(cm/dt)	(%)	(cm/dt)	(cm/dt)	(%)
1. Elcentro	200.0000	28.1427	32.8723	-16.8058	21.6788	24.9794	-15.2250
2. Koyna	200.0000	20.0241	20.3545	-1.6500	23.9633	22.0417	8.0189
3. Kobe	200.0000	31.3307	18.2182	41.8519	64.5543	27.8959	56.7869
4. Bucharest	200.0000	24.1764	11.8226	51.0986	73.2952	8.5712	88.3059
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa Massa	Massa 60000 Ton	Selisih (%)	Tanpa Massa	Massa 60000 Ton	Selisih (%)
		(cm/dt)	(cm/dt)	(%)	(cm/dt)	(cm/dt)	(%)
1. Elcentro	200.0000	28.1427	33.4192	-18.7491	21.6788	24.6383	-13.6516
2. Koyna	200.0000	20.0241	19.7269	1.4842	23.9633	21.3825	10.7698
3. Kobe	200.0000	31.3307	17.7594	43.3163	64.5543	25.5283	60.4545
4. Bucharest	200.0000	24.1764	7.6198	68.4825	73.2952	7.2229	90.1455

**Tabel 6.31.** Perbandingan Simpangan Maksimum Antara Tanah Tanpa Massa dan Dengan Massa Pada Kondisi Linear Dan Nonlinear Elastis Akibat Gempa Untuk Tanah Tawangsari II Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa Massa	Massa 20000 Ton	Selisih (%)	Tanpa Massa	Massa 20000 Ton	Selisih (%)
		(cm)	(cm)	(%)	(cm)	(cm)	(%)
1. Elcentro	200.0000	2.0510	1.3974	31.8674	1.5066	1.0774	28.4880
2. Koyna	200.0000	1.4882	1.3175	11.4702	1.8257	1.2998	28.8054
3. Kobe	200.0000	3.6991	1.8042	51.2260	8.6251	1.9552	77.3313
4. Bucharest	200.0000	2.6565	1.4683	44.7280	20.1282	0.9011	95.5232
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa Massa	Massa 40000 Ton	Selisih (%)	Tanpa Massa	Massa 40000 Ton	Selisih (%)
		(cm)	(cm)	(%)	(cm)	(cm)	(%)
1. Elcentro	200.0000	2.0510	1.3973	31.8723	1.5066	1.1469	23.8750
2. Koyna	200.0000	1.4882	1.1831	20.5013	1.8257	1.1741	35.6904
3. Kobe	200.0000	3.6991	0.9553	74.1748	8.6251	1.7743	79.4286
4. Bucharest	200.0000	2.6565	1.1168	57.9597	20.1282	0.6591	96.7255
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa Massa	Massa 60000 Ton	Selisih (%)	Tanpa Massa	Massa 60000 Ton	Selisih (%)
		(cm)	(cm)	(%)	(cm)	(cm)	(%)
1. Elcentro	200.0000	2.0510	1.3353	34.8952	1.5066	1.1615	22.9059
2. Koyna	200.0000	1.4882	1.0226	31.2861	1.8257	1.0805	40.8172
3. Kobe	200.0000	3.6991	0.9378	74.6479	8.6251	1.4678	82.9822
4. Bucharest	200.0000	2.6565	0.8238	68.9893	20.1282	0.5558	97.2387

**Tabel 6.32.** Perbandingan Frekuensi Maksimum Antara Tanah Tanpa Massa dan Dengan Massa Pada Kondisi Linear Dan Nonlinear Elastis Akibat Gempa Untuk Tanah Tawangsari II Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa Massa	Massa 20000 Ton	Selisih (%)	Tanpa Massa	Massa 20000 Ton	Selisih (%)
		(cps)	(cps)	(%)	(cps)	(cps)	(%)
1. Elcentro	200.0000	1.8214	2.8746	-57.8240	2.0702	2.2140	-6.9468
2. Koyna	200.0000	2.0508	2.3454	-14.3616	1.6531	1.6374	0.9480
3. Kobe	200.0000	1.1149	1.8497	-65.9094	0.5395	1.2646	-134.4068
4. Bucharest	200.0000	1.3318	1.4726	-10.5719	0.4152	1.7072	-311.1452
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa Massa	Massa 40000 Ton	Selisih (%)	Tanpa Massa	Massa 40000 Ton	Selisih (%)
		(cps)	(cps)	(%)	(cps)	(cps)	(%)
1. Elcentro	200.0000	1.8214	2.4950	-36.9838	2.0702	2.2643	-9.3768
2. Koyna	200.0000	2.0508	2.8541	-39.1660	1.6531	2.0252	-22.5108
3. Kobe	200.0000	1.1149	2.0240	-81.5425	0.5395	1.4466	-168.1315
4. Bucharest	200.0000	1.3318	1.6024	-20.3184	0.4152	2.1683	-422.1908
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa Massa	Massa 60000 Ton	Selisih (%)	Tanpa Massa	Massa 60000 Ton	Selisih (%)
		(cps)	(cps)	(%)	(cps)	(cps)	(%)
1. Elcentro	200.0000	1.8214	2.7921	-53.2970	2.0702	2.2195	-7.2097
2. Koyna	200.0000	2.0508	3.1003	-51.1749	1.6531	2.1955	-32.8128
3. Kobe	200.0000	1.1149	2.0713	-85.7887	0.5395	1.5470	-186.7499
4. Bucharest	200.0000	1.3318	2.0228	-51.8842	0.4152	2.6222	-531.5060

**Tabel 6.33.** Perbandingan Percepatan Maksimum Antara Tanah dengan Massa yang di Variasikan Pada Kondisi Linear Dan Nonlinear Elastis Akibat Gempa Untuk Tanah Tawang Sari II Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 20000 Ton (cm/dt <sup>2</sup> )	Massa 40000 Ton (cm/dt <sup>2</sup> )	Selisih (%)	Massa 20000 Ton (cm/dt <sup>2</sup> )	Massa 40000 Ton (cm/dt <sup>2</sup> )	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	622.3303	760.0159	-22.1242	481.5928	493.1207	-2.3937
2. Koyna	200.0000	314.4805	345.1534	-9.7535	494.76	323.5549	34.6037
3. Kobe	200.0000	410.6519	467.0368	-13.7306	360.1495	328.4191	8.8103
4. Bucharest	200.0000	257.3952	228.3321	11.2912	364.11	346.4275	4.8564
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 20000 Ton (cm/dt <sup>2</sup> )	Massa 60000 Ton (cm/dt <sup>2</sup> )	Selisih (%)	Massa 20000 Ton (cm/dt <sup>2</sup> )	Massa 60000 Ton (cm/dt <sup>2</sup> )	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	622.3303	914.4477	-46.9393	481.5928	748.3825	-55.3974
2. Koyna	200.0000	314.4805	412.821	-31.2708	494.76	268.4396	45.7435
3. Kobe	200.0000	410.6519	613.3309	-49.3554	360.1495	334.4144	7.1457
4. Bucharest	200.0000	257.3952	218.4961	15.1126	364.11	270.4123	25.7333
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 40000 Ton (cm/dt <sup>2</sup> )	Massa 60000 Ton (cm/dt <sup>2</sup> )	Selisih (%)	Massa 40000 Ton (cm/dt <sup>2</sup> )	Massa 60000 Ton (cm/dt <sup>2</sup> )	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	760.0159	914.4477	-20.3195	493.1207	748.3825	-51.7646
2. Koyna	200.0000	345.1534	412.821	-19.6051	323.5549	268.4396	17.0343
3. Kobe	200.0000	467.0368	613.3309	-31.3239	328.4191	334.4144	-1.8255
4. Bucharest	200.0000	228.3321	218.4961	4.3078	346.4275	270.4123	21.9426

**Tabel 6.34.** Perbandingan Kecepatan Maksimum Antara Tanah dengan Massa yang di Variasikan Pada Kondisi Linear Dan Nonlinear Elastis Akibat Gempa Untuk Tanah Tawang Sari II Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 20000 Ton (cm/dt)	Massa 40000 Ton (cm/dt)	Selisih (%)	Massa 20000 Ton (cm/dt)	Massa 40000 Ton (cm/dt)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	24.4279	25.8236	-5.7135	20.9239	21.7167	-3.7890
2. Koyna	200.0000	19.4518	22.6992	-16.6946	17.0879	20.6561	-20.8814
3. Kobe	200.0000	27.9453	1.9983	92.8492	63.8457	60.5832	5.1100
4. Bucharest	200.0000	19.1293	1.9042	90.0456	84.2521	69.6695	17.3083
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 20000 Ton (cm/dt)	Massa 60000 Ton (cm/dt)	Selisih (%)	Massa 20000 Ton (cm/dt)	Massa 60000 Ton (cm/dt)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	24.4279	33.4192	-36.8075	20.9239	21.8292	-4.3266
2. Koyna	200.0000	19.4518	21.6629	-11.3671	17.0879	15.7555	7.7973
3. Kobe	200.0000	27.9453	34.3179	-22.8038	63.8457	54.8632	14.0691
4. Bucharest	200.0000	19.1293	15.8629	17.0754	84.2521	16.4612	80.4620
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 40000 Ton (cm/dt)	Massa 60000 Ton (cm/dt)	Selisih (%)	Massa 40000 Ton (cm/dt)	Massa 60000 Ton (cm/dt)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	25.8236	33.4192	-29.4134	21.7167	21.8292	-0.5180
2. Koyna	200.0000	22.6992	21.6629	4.5654	20.6561	15.7555	23.7247
3. Kobe	200.0000	1.9983	34.3179	-1617.3548	60.5832	54.8632	9.4416
4. Bucharest	200.0000	1.9042	15.8629	-733.0480	69.6695	16.4612	76.3724

**Tabel 6.35.** Perbandingan Simpangan Maksimum Antara Tanah dengan Massa yang di Variasikan Pada Kondisi Linear Dan Nonlinear Elastis Akibat Gempa Untuk Tanah Tawang Sari II Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 20000 Ton (cm)	Massa 40000 Ton (cm)	Selisih (%)	Massa 20000 Ton (cm)	Massa 40000 Ton (cm)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	1.2442	1.3322	-7.0728	1.0795	1.0091	6.5215
2. Koyna	200.0000	1.5063	1.6357	-8.5906	1.3559	1.5908	-17.3243
3. Kobe	200.0000	2.8929	1.9983	30.9240	7.8038	7.6608	1.8324
4. Bucharest	200.0000	2.3492	1.9042	18.9426	24.8939	21.1563	15.0141
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 20000 Ton (cm)	Massa 60000 Ton (cm)	Selisih (%)	Massa 20000 Ton (cm)	Massa 60000 Ton (cm)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	1.2442	1.3353	-7.3220	1.0795	0.9727	9.8935
2. Koyna	200.0000	1.5063	1.3521	10.2370	1.3559	1.1162	17.6783
3. Kobe	200.0000	2.8929	2.2974	20.5849	7.8038	8.1201	-4.0532
4. Bucharest	200.0000	2.3492	1.6099	31.4703	24.8939	16.4612	33.8746
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 40000 Ton (cm)	Massa 60000 Ton (cm)	Selisih (%)	Massa 40000 Ton (cm)	Massa 60000 Ton (cm)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	1.3322	1.3353	-0.2327	1.0091	0.9727	3.6072
2. Koyna	200.0000	1.6357	1.3521	17.3381	1.5908	1.1162	29.8340
3. Kobe	200.0000	1.9983	2.2974	-14.9677	7.6608	8.1201	-5.9955
4. Bucharest	200.0000	1.9042	1.6099	15.4553	21.1563	16.4612	22.1924

**Tabel 6.36.** Perbandingan Frekuensi Maksimum Antara Tanah dengan Massa yang di Variasikan Pada Kondisi Linear Dan Nonlinear Elastis Akibat Gempa Untuk Tanah Tawang Sari II Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 20000 Ton (cps)	Massa 40000 Ton (cps)	Selisih (%)	Massa 20000 Ton (cps)	Massa 40000 Ton (cps)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	2.5996	3.0032	-15.5237	2.3486	2.3170	1.3443
2. Koyna	200.0000	1.6497	1.5516	5.9481	2.9545	1.5984	45.9004
3. Kobe	200.0000	1.4995	23.8487	-1490.4695	0.5756	0.5532	3.8996
4. Bucharest	200.0000	1.3730	12.2357	-791.1546	0.4410	0.5074	-15.0583
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 20000 Ton (cps)	Massa 60000 Ton (cps)	Selisih (%)	Massa 20000 Ton (cps)	Massa 60000 Ton (cps)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	2.5996	2.7921	-7.4059	2.3486	3.4983	-48.9527
2. Koyna	200.0000	1.6497	1.9445	-17.8722	2.9545	1.7386	41.1551
3. Kobe	200.0000	1.4995	1.8237	-21.6211	0.5756	0.6220	-8.0569
4. Bucharest	200.0000	1.3730	1.4055	-2.3669	0.4410	1.6763	-280.1133
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 40000 Ton (cps)	Massa 60000 Ton (cps)	Selisih (%)	Massa 40000 Ton (cps)	Massa 60000 Ton (cps)	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	3.0032	2.7921	7.0270	2.3170	3.4983	-50.9824
2. Koyna	200.0000	1.5516	1.9445	-25.3267	1.5984	1.7386	-8.7714
3. Kobe	200.0000	23.8487	1.8237	92.3531	0.5532	0.6220	-12.4418
4. Bucharest	200.0000	12.2357	1.4055	88.5130	0.5074	1.6763	-230.3660

**Tabel 6.37.** Perbandingan Regangan Maksimum Antara Tanah Linear dan Nonlinear Elastis Pada Kondisi Tanpa Massa dan Dengan Massa Akibat Gempa Untuk Tanah Tawang Sari II Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanpa Massa Bangunan			Massa Bangunan 20000 Ton		
		Linear Elastis	Non Linear Elastis	Selisih (%)	Linear Elastis	Non Linear Elastis	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	0.0006471	0.000744	-14.9745	0.00028	0.000205	26.7857
2. Koyna	200.0000	0.0005402	0.000442	18.1785	0.000148	0.000228	-54.0541
3. Kobe	200.0000	0.001002	0.000412	58.8822	0.000239	0.000187	21.7573
4. Bucharest	200.0000	0.0004696	0.000407	13.3305	0.000147	0.000181	-23.1293
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Massa Bangunan 40000 Ton			Massa Bangunan 60000 Ton		
		Linear Elastis	Non Linear Elastis	Selisih (%)	Linear Elastis	Non Linear Elastis	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	0.000104	0.000148	-42.3077	0.000132	0.000104	21.2121
2. Koyna	200.0000	0.000124	0.000099	20.1613	0.000116	0.000077	33.6207
3. Kobe	200.0000	0.000086	0.000098	-13.9535	0.000184	0.000086	53.2609
4. Bucharest	200.0000	0.000108	0.000084	22.2222	0.000089	0.000078	12.3596

**Tabel 6.38.** Perbandingan Tegangan Maksimum Antara Tanah Linear dan Nonlinear Elastis Pada Kondisi Tanpa Massa dan Dengan Massa Akibat Gempa Untuk Tanah Tawang Sari II Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanpa Massa Bangunan			Massa Bangunan 20000 Ton		
		Linear Elastis (kg/cm <sup>2</sup> )	Non Linear Elastis (kg/cm <sup>2</sup> )	Selisih (%)	Linear Elastis (kg/cm <sup>2</sup> )	Non Linear Elastis (kg/cm <sup>2</sup> )	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	14.7802	9.2649	37.3155	19.8659	10.4466	47.4144
2. Koyna	200.0000	12.4549	6.9639	44.0871	10.7775	11.2181	-4.0881
3. Kobe	200.0000	23.1262	6.6599	71.2019	16.9085	9.8403	41.8026
4. Bucharest	200.0000	10.34	6.6091	36.0822	10.1071	9.6289	4.7313
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Massa Bangunan 40000 Ton			Massa Bangunan 60000 Ton		
		Linear Elastis (kg/cm <sup>2</sup> )	Non Linear Elastis (kg/cm <sup>2</sup> )	Selisih (%)	Linear Elastis (kg/cm <sup>2</sup> )	Non Linear Elastis (kg/cm <sup>2</sup> )	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	17.1627	11.1229	35.1914	15.5527	10.1523	34.7232
2. Koyna	200.0000	12.1333	8.206	32.3679	13.669	7.9888	41.5553
3. Kobe	200.0000	15.287	8.0945	47.0498	21.4375	8.7079	59.3801
4. Bucharest	200.0000	10.1345	7.1242	29.7035	10.1575	8.0327	20.9185



**Tabel 6.39.** Perbandingan Regangan Maksimum Antara Tanah Tanpa Massa dan Dengan Massa Pada Kondisi Linear Dan Nonlinear Elastis Akibat Gempa Untuk Tanah Tawangsari II Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa	Massa	Selisih (%)	Tanpa	Massa	Selisih (%)
		20000 Ton	20000 Ton		20000 Ton	20000 Ton	
1. Elcentro	200.0000	0.000633	0.000177	72.0379	0.000821	0.000113	86.2363
2. Koyna	200.0000	0.000486	0.000152	68.7243	0.000506	0.000103	79.6443
3. Kobe	200.0000	0.000656	0.000183	72.1037	0.000577	0.000103	82.1490
4. Bucharest	200.0000	0.000423	0.00008	81.0875	0.000516	0.000073	85.8527
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa	Massa	Selisih (%)	Tanpa	Massa	Selisih (%)
		40000 Ton	40000 Ton		40000 Ton	40000 Ton	
1. Elcentro	200.0000	0.000633	0.000149	76.4613	0.000821	0.000089	89.1596
2. Koyna	200.0000	0.000486	0.000134	72.4280	0.000506	0.000085	83.2016
3. Kobe	200.0000	0.000656	0.000089	86.4329	0.000577	0.000085	85.2686
4. Bucharest	200.0000	0.000423	0.000054	87.2340	0.000516	0.000053	89.7287
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa	Massa	Selisih (%)	Tanpa	Massa	Selisih (%)
		60000 Ton	60000 Ton		60000 Ton	60000 Ton	
1. Elcentro	200.0000	0.000633	0.000132	79.1469	0.000821	0.000076	90.7430
2. Koyna	200.0000	0.000486	0.000102	79.0123	0.000506	0.000075	85.1779
3. Kobe	200.0000	0.000656	0.000079	87.9573	0.000577	0.000071	87.6950
4. Bucharest	200.0000	0.000423	0.000045	89.3617	0.000516	0.000042	91.8605

**Tabel 6.40.** Perbandingan Tegangan Maksimum Antara Tanah Tanpa Massa dan Dengan Massa Pada Kondisi Linear Dan Nonlinear Elastis Akibat Gempa Untuk Tanah Tawangsari II Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa	Massa	Selisih (%)	Tanpa	Massa	Selisih (%)
		(kg/cm <sup>2</sup> )	20000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )		(kg/cm <sup>2</sup> )	20000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	
1. Elcentro	200.0000	14.4195	12.8526	10.8665	9.7013	6.8179	29.7218
2. Koyna	200.0000	11.0678	11.0815	-0.1238	7.5405	6.3252	16.1170
3. Kobe	200.0000	14.7212	13.4027	8.9565	8.1249	6.3093	22.3461
4. Bucharest	200.0000	9.0449	5.7069	36.9048	7.6335	4.7887	37.2673
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa	Massa	Selisih (%)	Tanpa	Massa	Selisih (%)
		40000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	40000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )		40000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	40000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	
1. Elcentro	200.0000	14.4195	14.6937	-1.9016	9.7013	7.4805	22.8918
2. Koyna	200.0000	11.0678	13.1156	-18.5023	7.5405	7.2187	4.2676
3. Kobe	200.0000	14.7212	8.8807	39.6741	8.1249	7.1941	11.4561
4. Bucharest	200.0000	9.0449	5.3158	41.2288	7.6335	4.8082	37.0119
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Tanpa	Massa	Selisih (%)	Tanpa	Massa	Selisih (%)
		60000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	60000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )		60000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	60000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	
1. Elcentro	200.0000	14.4195	15.5527	-7.8588	9.7013	7.8835	18.7377
2. Koyna	200.0000	11.0678	12.0466	-8.8437	7.5405	7.7686	-3.0250
3. Kobe	200.0000	14.7212	9.5384	35.2064	8.1249	7.4212	8.6610
4. Bucharest	200.0000	9.0449	5.389	40.4195	7.6335	4.6449	39.1511

**Tabel 6.41.** Perbandingan Regangan Maksimum Antara Tanah dengan Massa yang di Variasikan Pada Kondisi Linear Dan Nonlinear Elastis Akibat Gempa Untuk Tanah Tawang Sari II Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 20000 Ton	Massa 40000 Ton	Selisih (%)	Massa 20000 Ton	Massa 40000 Ton	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	0.00028	0.000176	37.1429	0.000204	0.000148	27.4510
2. Koyna	200.0000	0.000148	0.000124	16.2162	0.000228	0.000099	56.5789
3. Kobe	200.0000	0.0002386	0.000159	33.3613	0.000187	0.000098	47.5936
4. Bucharest	200.0000	0.000147	0.000108	26.5306	0.000181	0.000084	53.5912
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 20000 Ton	Massa 60000 Ton	Selisih (%)	Massa 20000 Ton	Massa 60000 Ton	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	0.00028	0.000132	52.8571	0.000204	0.000104	49.0196
2. Koyna	200.0000	0.000148	0.000116	21.6216	0.000228	0.0000774	66.0526
3. Kobe	200.0000	0.0002386	0.000184	22.8835	0.000187	0.0000859	54.0642
4. Bucharest	200.0000	0.000147	0.000089	39.4558	0.000181	0.000078	56.9061
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 40000 Ton	Massa 60000 Ton	Selisih (%)	Massa 40000 Ton	Massa 60000 Ton	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	0.000176	0.000132	25.0000	0.000148	0.000104	29.7297
2. Koyna	200.0000	0.000124	0.000116	6.4516	0.000099	0.0000774	21.8182
3. Kobe	200.0000	0.000159	0.000184	-15.7233	0.000098	0.0000859	12.3469
4. Bucharest	200.0000	0.000108	0.000089	17.5926	0.000084	0.000078	7.1429

**Tabel 6.42.** Perbandingan Tegangan Maksimum Antara Tanah dengan Massa yang di Variasikan Pada Kondisi Linear Dan Nonlinear Elastis Akibat Gempa Untuk Tanah Tawang Sari II Lapis Teratas

Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 20000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	Massa 40000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	Selisih (%)	Massa 20000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	Massa 40000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	19.8659	17.1627	13.6072	10.4466	11.1229	-6.4739
2. Koyna	200.0000	10.7775	12.1333	-12.5799	11.2181	8.2061	26.8495
3. Kobe	200.0000	16.9085	15.287	9.5899	9.8403	8.0945	17.7413
4. Bucharest	200.0000	10.1071	10.1345	-0.2711	9.6289	7.1242	26.0123
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 20000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	Massa 60000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	Selisih (%)	Massa 20000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	Massa 60000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	19.8659	15.5527	21.7116	10.4466	10.1523	2.8172
2. Koyna	200.0000	10.7775	13.669	-26.8290	11.2181	7.9888	28.7865
3. Kobe	200.0000	16.9085	21.4375	-26.7853	9.8403	8.7079	11.5078
4. Bucharest	200.0000	10.1071	10.1575	-0.4987	9.6289	8.0326	16.5782
Gempa	Percepatan Maksimum Base Rock (cm/dt <sup>2</sup> )	Kondisi Tanah Linear Elastis			Kondisi Tanah Non Linear Elastis		
		Massa 40000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	Massa 60000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	Selisih (%)	Massa 40000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	Massa 60000 Ton (kg/cm <sup>2</sup> )	Selisih (%)
1. Elcentro	200.0000	17.1627	15.5527	9.3808	11.1229	10.1523	8.7261
2. Koyna	200.0000	12.1333	13.669	-12.6569	8.2061	7.9888	2.6480
3. Kobe	200.0000	15.287	21.4375	-40.2335	8.0945	8.7079	-7.5780
4. Bucharest	200.0000	10.1345	10.1575	-0.2269	7.1242	8.0326	-12.7509

**Tabel 6.43.** Besarnya Amplifikasi Untuk Data Tanah Tawangsari II Kondisi Linear Elastis dan Nonlinear Elastis Tanpa Massa Maupun dengan Massa Yang di Variasi

Gempa	Kondisi	Percepatan (cm/dt <sup>2</sup> )	Amplifikasi Percepatan (%)	Kecepatan (cm/dt)	Simpangan (cm)
Elcentro	Linear elastis tanpa massa	458.8936	229.4468	21.6328	1.8169
	Non linear elastis tanpa massa	433.8936	216.9468	19.6898	1.6332
	Linear elastis massa 20000 Ton	622.3303	311.1652	24.4279	1.2442
	Non linear elastis massa 20000 Ton	481.5928	240.7964	20.9239	1.0795
	Linear elastis massa 40000 Ton	760.0159	380.0080	25.8236	1.3322
	Non linear elastis massa 40000 Ton	493.1207	246.5604	21.7167	1.0091
	Linear elastis massa 60000 Ton	914.4477	457.2239	33.4192	1.3353
	Non linear elastis massa 60000 Ton	748.3825	374.1913	21.8292	0.9727
Koyna	Linear elastis tanpa massa	494.2531	247.1266	23.5761	1.9705
	Non linear elastis tanpa massa	389.2588	194.6294	18.7438	1.9269
	Linear elastis massa 20000 Ton	314.4805	157.2403	19.4518	1.5063
	Non linear elastis massa 20000 Ton	494.76	247.3800	17.0879	1.3559
	Linear elastis massa 40000 Ton	345.1534	172.5767	22.6992	1.6356
	Non linear elastis massa 40000 Ton	323.5549	161.7775	20.6561	1.5908
	Linear elastis massa 60000 Ton	412.821	206.4105	21.6619	1.3521
	Non linear elastis massa 60000 Ton	268.4396	134.2198	15.7556	1.1162
Kobe	Linear elastis tanpa massa	657.6263	328.8132	73.8646	8.4312
	Non linear elastis tanpa massa	397.9574	198.9787	73.4138	8.3744
	Linear elastis massa 20000 Ton	410.6519	205.3260	27.9453	2.8929
	Non linear elastis massa 20000 Ton	360.1495	180.0748	63.8457	7.8038
	Linear elastis massa 40000 Ton	467.0368	233.5184	26.45384	1.9983
	Non linear elastis massa 40000 Ton	328.4191	164.2096	60.5832	7.6608
	Linear elastis massa 60000 Ton	613.3309	306.6655	34.3179	2.2974
	Non linear elastis massa 60000 Ton	334.4144	167.2072	54.8632	8.1201
Bucharest	Linear elastis tanpa massa	202.2135	101.1068	30.0699	5.4078
	Non linear elastis tanpa massa	378.8722	189.4361	102.3032	28.5815
	Linear elastis massa 20000 Ton	257.3952	128.6976	19.1293	2.3492
	Non linear elastis massa 20000 Ton	364.1101	182.0551	84.2521	24.8939
	Linear elastis massa 40000 Ton	228.3321	114.1661	16.232	1.9042
	Non linear elastis massa 40000 Ton	346.4275	173.2138	69.6695	21.1563
	Linear elastis massa 60000 Ton	218.4961	109.2481	15.8629	1.6099
	Non linear elastis massa 60000 Ton	270.4123	135.2062	55.5914	16.4612

**Tabel 6.44.** Besarnya Amplifikasi Untuk Data Tanah Tawangsari II Kondisi Linear Elastis dan Kondisi Nonlinear Elastis Tanpa Massa Maupun dengan Massa Yang di Variasi

Gempa	Kondisi	Percepatan	Amplifikasi	Kecepatan	Simpangan
		(cm/dt <sup>2</sup> )	(%)	(cm/dt)	(cm)
Elcentro	Linear elastis tanpa massa	458.8936	229.4468	21.6328	1.8169
Koyna		494.2531	247.1266	23.5761	1.9705
Kobe		657.6263	328.8132	73.8646	8.4312
Bucharest		202.2135	101.1068	30.0699	5.4078
Elcentro	Non linear elastis tanpa massa	433.8936	216.9468	19.6898	1.6332
Koyna		389.2588	194.6294	18.7438	1.9269
Kobe		397.9574	198.9787	73.4138	8.3744
Bucharest		378.8722	189.4361	102.3032	28.5815
Elcentro	Linear elastis massa 20.000 Ton	622.3303	311.1652	24.4279	1.2442
Koyna		314.4805	157.2403	19.4518	1.5063
Kobe		410.6519	205.3260	27.9453	2.8929
Bucharest		257.3952	128.6976	19.1293	2.3492
Elcentro	Non linear elastis massa 20.000 Ton	481.5928	240.7964	20.9239	1.0795
Koyna		494.76	247.3800	17.0879	1.3559
Kobe		360.1495	180.0748	63.8457	7.8038
Bucharest		364.1101	182.0551	84.2521	24.8939
Elcentro	Linear elastis massa 40.000 Ton	760.0159	380.0080	25.8236	1.3322
Koyna		345.1534	172.5767	22.6992	1.6356
Kobe		467.0368	233.5184	26.45384	1.9983
Bucharest		228.3321	114.1661	16.232	1.9042
Elcentro	Non linear elastis massa 40.000 Ton	493.1207	246.5604	21.7167	1.0091
Koyna		323.5549	161.7775	20.6561	1.5908
Kobe		328.4191	164.2096	60.5832	7.6608
Bucharest		346.4275	173.2138	69.6695	21.1563
Elcentro	Linear elastis massa 60.000 Ton	914.4477	457.2239	33.4192	1.3353
Koyna		412.821	206.4105	21.6619	1.3521
Kobe		613.3309	306.6655	34.3179	2.2974
Bucharest		218.4961	109.2481	15.8629	1.6099
Elcentro	Non linear elastis massa 60.000 Ton	748.3825	374.1913	21.8292	0.9727
Koyna		268.4396	134.2198	15.7556	1.1162
Kobe		334.4144	167.2072	54.8632	8.1201
Bucharest		270.4123	135.2062	55.5914	16.4612

**Tabel 6.45. Respon Seismik Pada Kondisi Linear Elastis dan Nonlinear Elastis Akibat Gempa *Elicentro* Untuk Data Tanah Tawang Sari II**

Kondisi	Percepatan (cm/dt <sup>2</sup> )	Kecepatan (cm/dt)	Simpangan (cm)	Regangan	Tegangan (kg/cm <sup>2</sup> )
Linear Elastis Tanpa Massa	458.8936	21.6328	1.8169	0.000647	14.7802
Non Linear Elastis Dengan Massa	433.8936	19.6898	1.6332	0.000744	9.2649
Linear Elastis Dengan Massa 20.000 Ton	622.3303	24.4279	1.2442	0.00028	19.8659
Non Linear Elastis Dengan Massa 20.000 Ton	481.5928	20.9239	1.0795	0.000204	10.4466
Linear Elastis Dengan Massa 40.000 Ton	760.0159	25.8236	1.3322	0.000176	17.1627
Non Linear Elastis Dengan Massa 40.000 Ton	493.1207	21.7167	1.0091	0.000148	11.1229
Linear Elastis Dengan Massa 60.000 Ton	914.4477	33.4192	1.3353	0.000132	15.5527
Non Linear Elastis Dengan Massa 60.000 Ton	748.3825	21.8292	0.9727	0.000104	10.1523

**Tabel 6.46. Respon Seismik Pada Kondisi Linear Elastis dan Nonlinear Elastis Akibat Gempa *Koyna* Untuk Data Tanah Tawang Sari II**

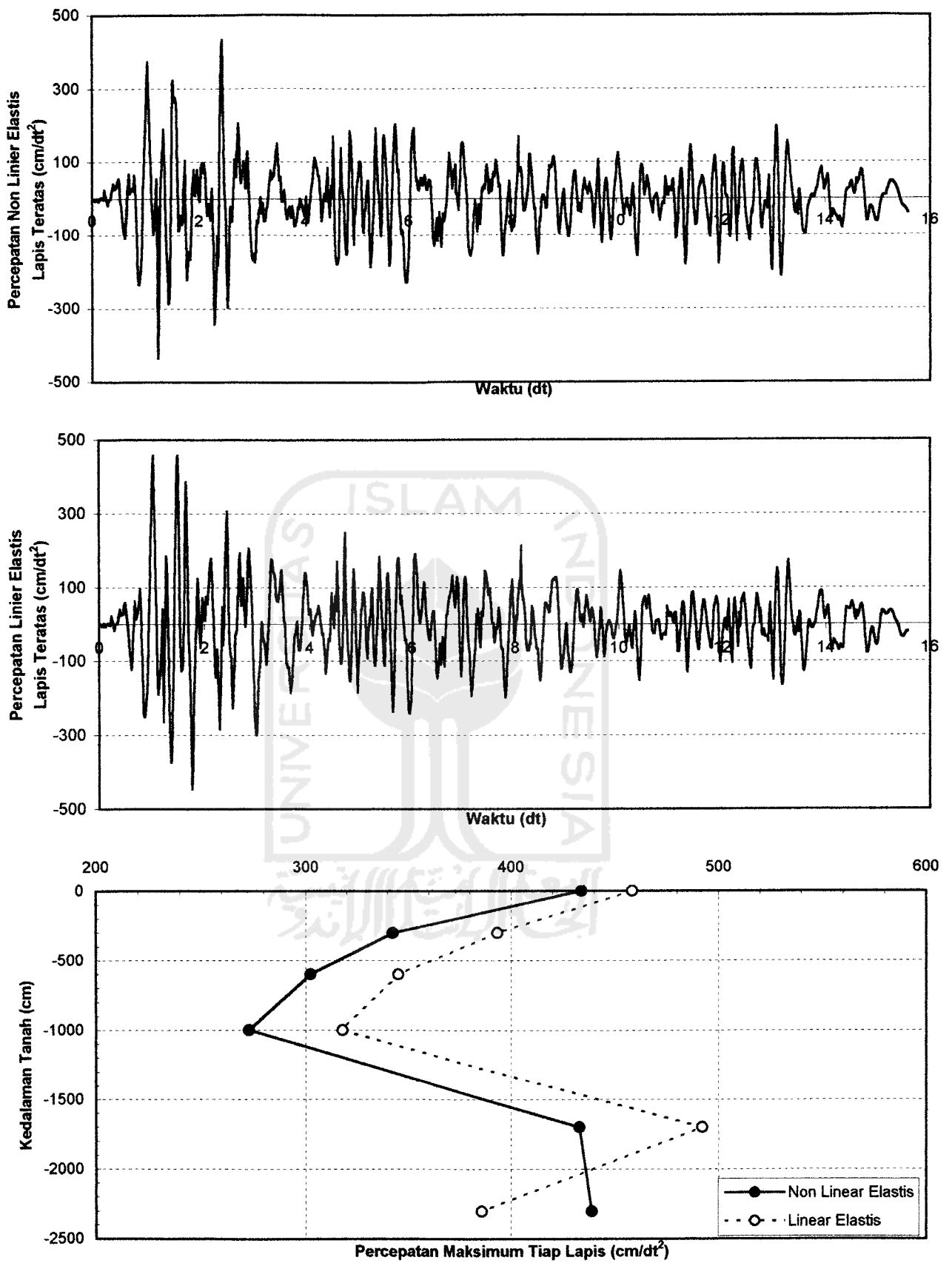
Kondisi	Percepatan (cm/dt <sup>2</sup> )	Kecepatan (cm/dt)	Simpangan (cm)	Regangan	Tegangan (kg/cm <sup>2</sup> )
Linear Elastis Tanpa Massa	494.2531	23.5761	1.9705	0.00054	12.4548
Non Linear Elastis Dengan Massa	389.2588	18.7438	1.9269	0.0004	6.9639
Linear Elastis Dengan Massa 20.000 Ton	314.4805	19.4518	1.5063	0.000148	10.7775
Non Linear Elastis Dengan Massa 20.000 Ton	494.76	17.0879	1.3559	0.000228	11.2181
Linear Elastis Dengan Massa 40.000 Ton	345.1534	22.6992	1.6356	0.000124	12.1333
Non Linear Elastis Dengan Massa 40.000 Ton	323.5549	20.6561	1.5908	0.0000997	8.206
Linear Elastis Dengan Massa 60.000 Ton	412.821	21.6619	1.3521	0.000116	13.669
Non Linear Elastis Dengan Massa 60.000 Ton	268.4396	15.7556	1.1162	0.000077	7.9888

**Tabel 6.47. Respon Seismik Pada Kondisi Linear Elastis dan Nonlinear Elastis Akibat Gempa Kobe Untuk Data Tanah Tawang Sari II**

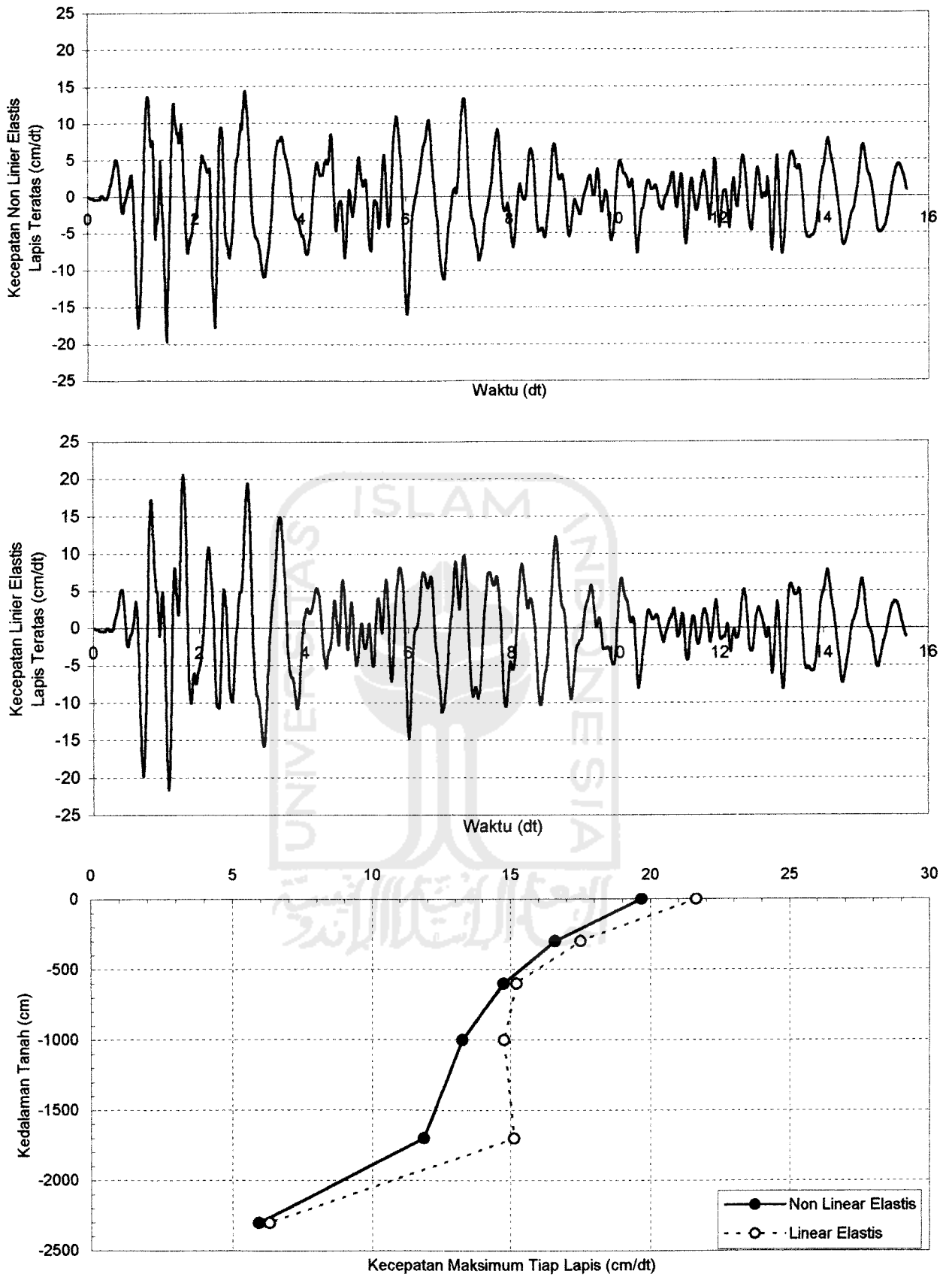
Kondisi	Percepatan (cm/dt <sup>2</sup> )	Kecepatan (cm/dt)	Simpangan (cm)	Regangan	Tegangan (kg/cm <sup>2</sup> )
Linear Elastis Tanpa Massa	657.6263	73.8646	8.4312	0.001	23.1262
Non Linear Elastis Dengan Massa	397.9574	73.4138	8.3744	0.000412	6.6599
Linear Elastis Dengan Massa 20.000 Ton	410.6519	27.9453	2.8929	0.000239	16.9085
Non Linear Elastis Dengan Massa 20.000 Ton	360.1495	63.8457	7.8038	0.000187	9.8403
Linear Elastis Dengan Massa 40.000 Ton	467.0368	26.45384	1.9983	0.0001586	15.287
Non Linear Elastis Dengan Massa 40.000 Ton	328.4191	60.5832	7.6608	0.000098	8.0945
Linear Elastis Dengan Massa 60.000 Ton	613.3309	34.3179	2.2974	0.000185	21.4376
Non Linear Elastis Dengan Massa 60.000 Ton	334.4144	54.8632	8.1201	0.0000859	8.7079

**Tabel 6.48. Respon Seismik Pada Kondisi Linear Elastis dan Nonlinear Elastis Akibat Gempa Bucharest Untuk Data Tanah Tawang Sari II**

Kondisi	Percepatan (cm/dt <sup>2</sup> )	Kecepatan (cm/dt)	Simpangan (cm)	Regangan	Tegangan (kg/cm <sup>2</sup> )
Linear Elastis Tanpa Massa	202.2135	30.0699	5.4078	0.000469	10.34
Non Linear Elastis Dengan Massa	378.8722	102.3032	28.5815	0.0004068	6.6092
Linear Elastis Dengan Massa 20.000 Ton	257.3952	19.1293	2.3492	0.0001467	10.1071
Non Linear Elastis Dengan Massa 20.000 Ton	364.1101	84.2521	24.8939	0.0001811	9.6289
Linear Elastis Dengan Massa 40.000 Ton	228.3321	16.232	1.9042	0.000108	10.1345
Non Linear Elastis Dengan Massa 40.000 Ton	346.4275	69.6695	21.1563	0.0000838	7.1242
Linear Elastis Dengan Massa 60.000 Ton	218.4961	15.8629	1.6099	0.0000894	10.1575
Non Linear Elastis Dengan Massa 60.000 Ton	270.4123	55.5914	16.4612	0.0000779	8.0327

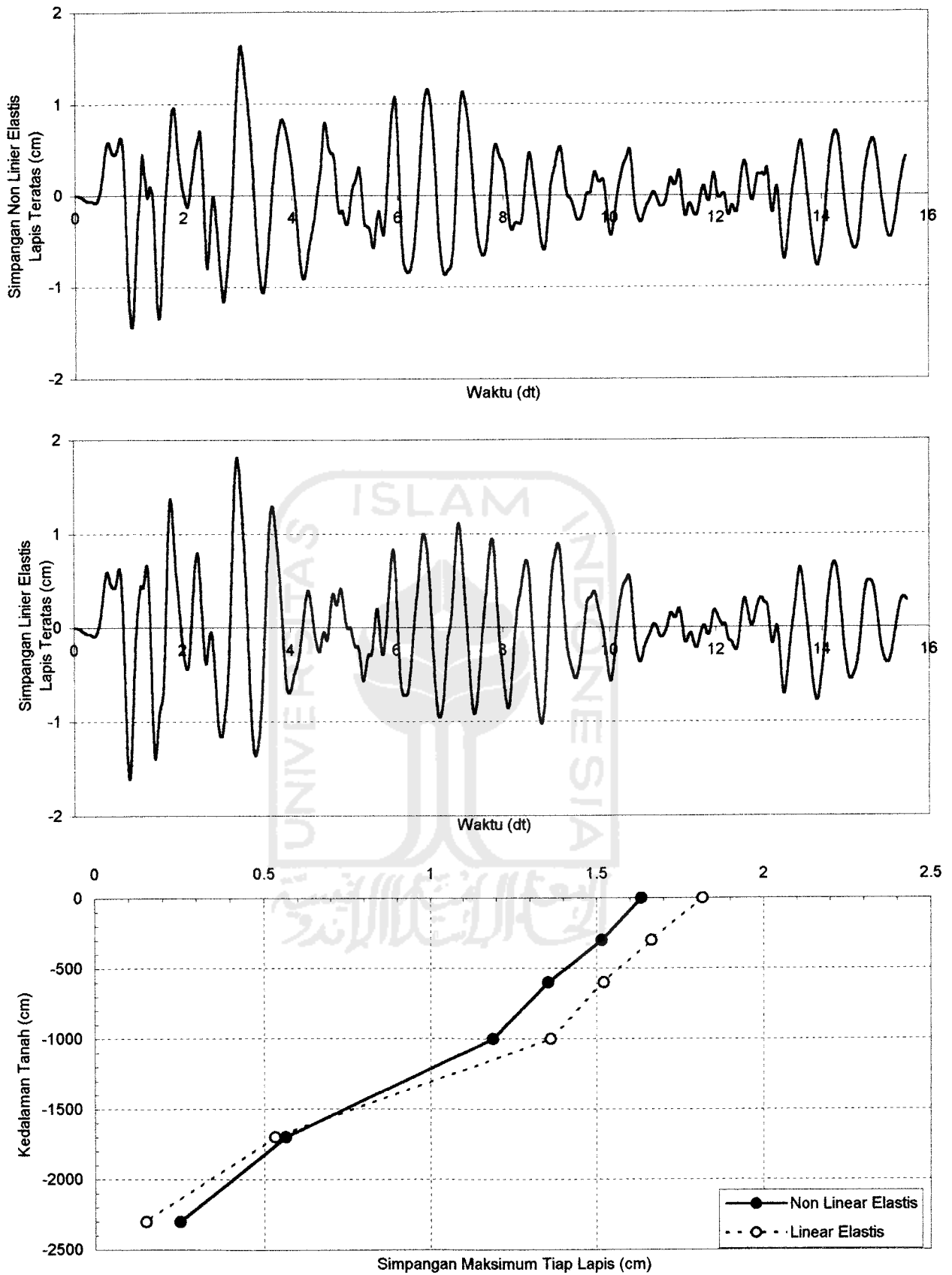


**Grafik 6.79.** Perbandingan Percepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Tanpa Massa Bangunan Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa El Centro

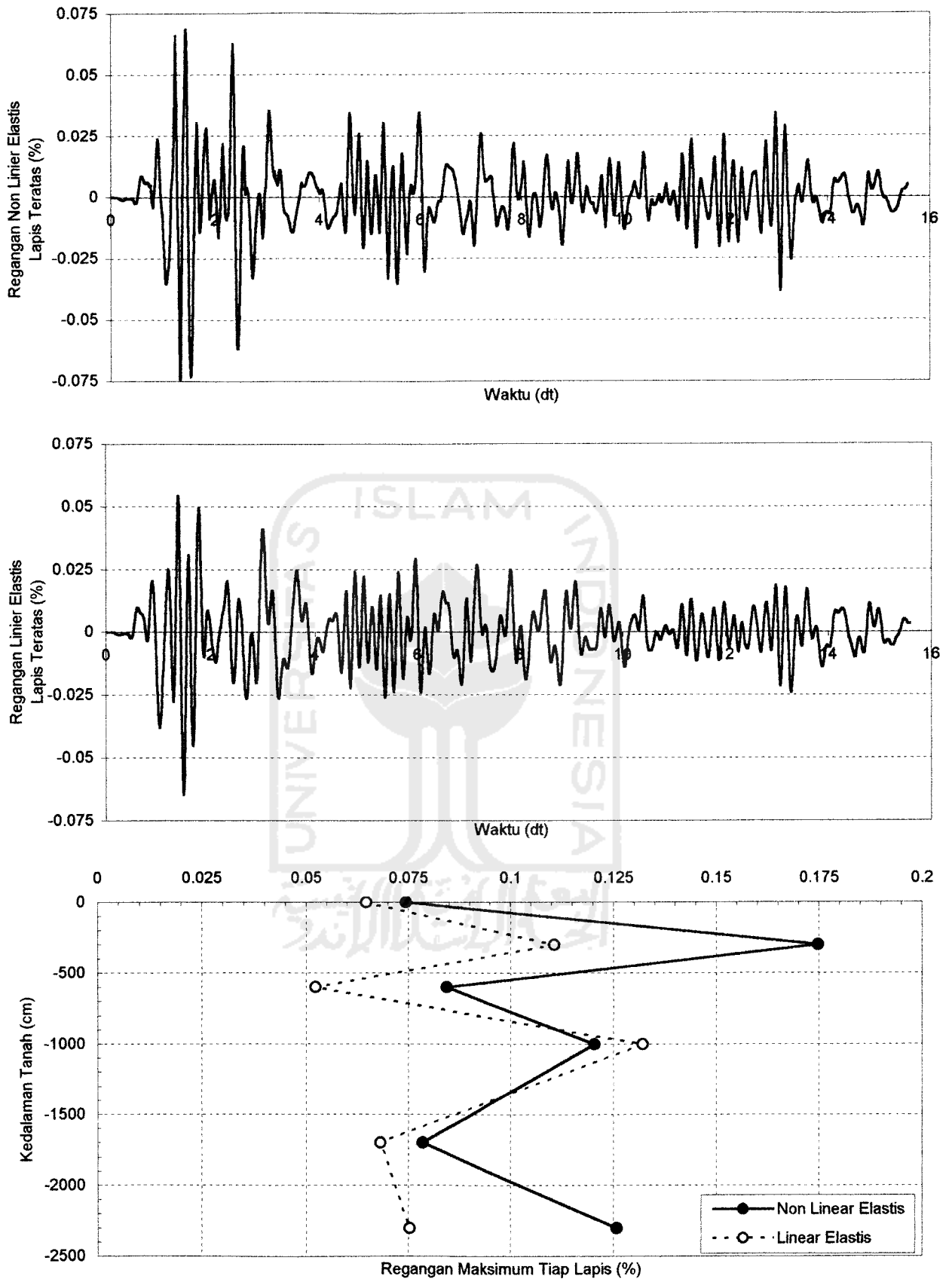


**Grafik 6.80.** Perbandingan Kecepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Tanpa Massa Bangunan Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawangarsi II Sukoharjo Akibat Gempa El Centro

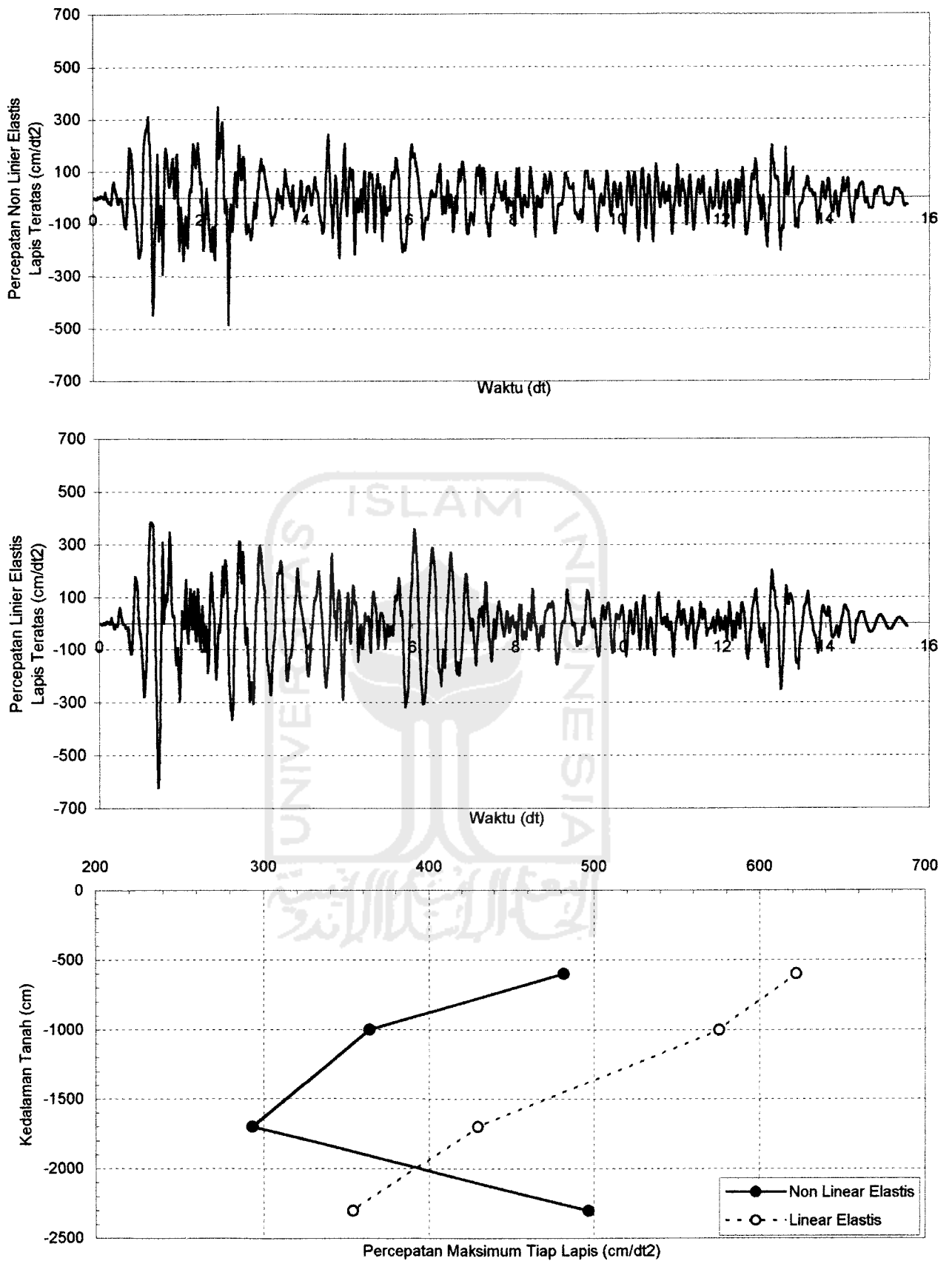




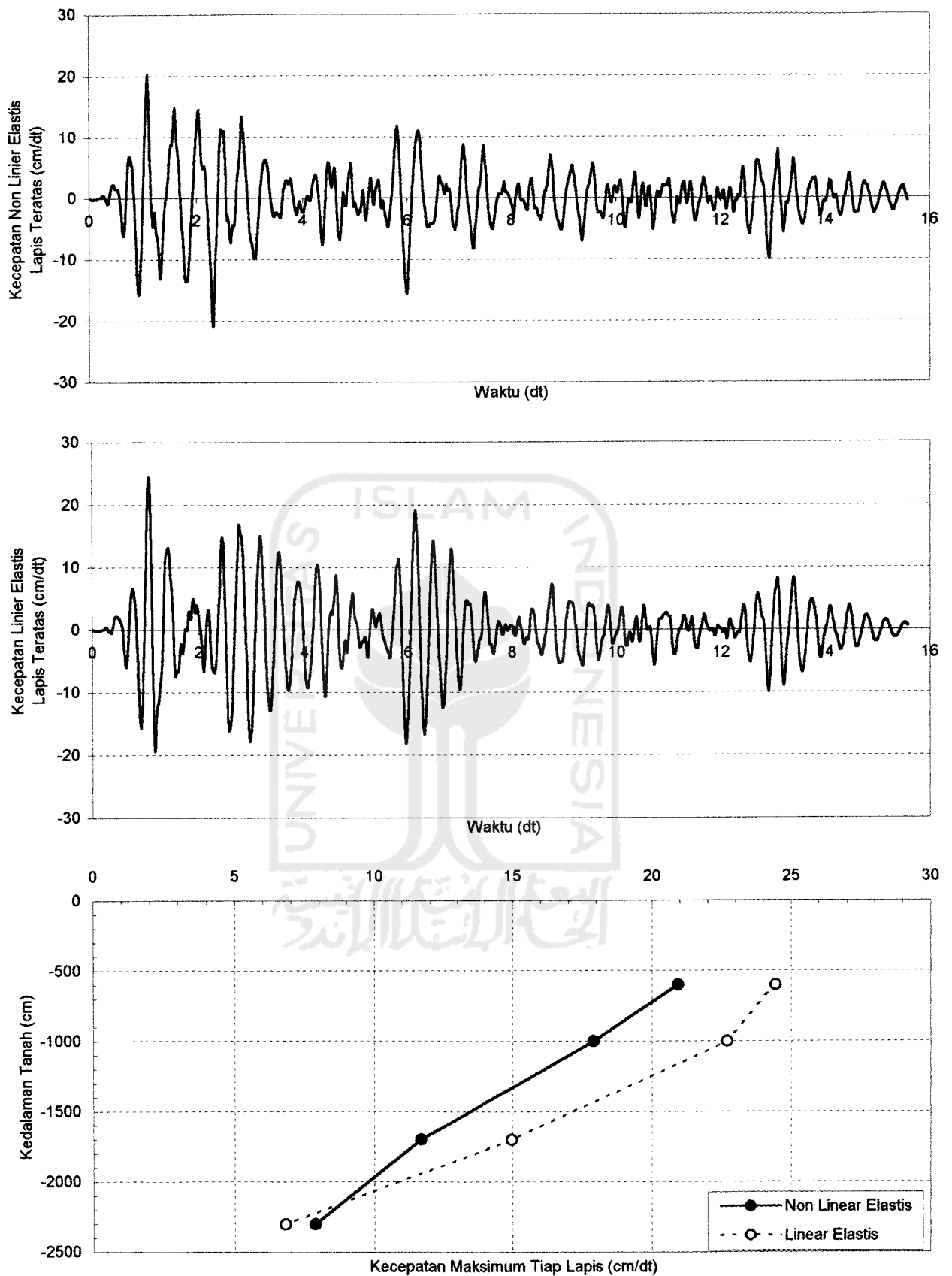
**Grafik 6.81.** Perbandingan Simpangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Tanpa Massa Bangunan Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa El Centro



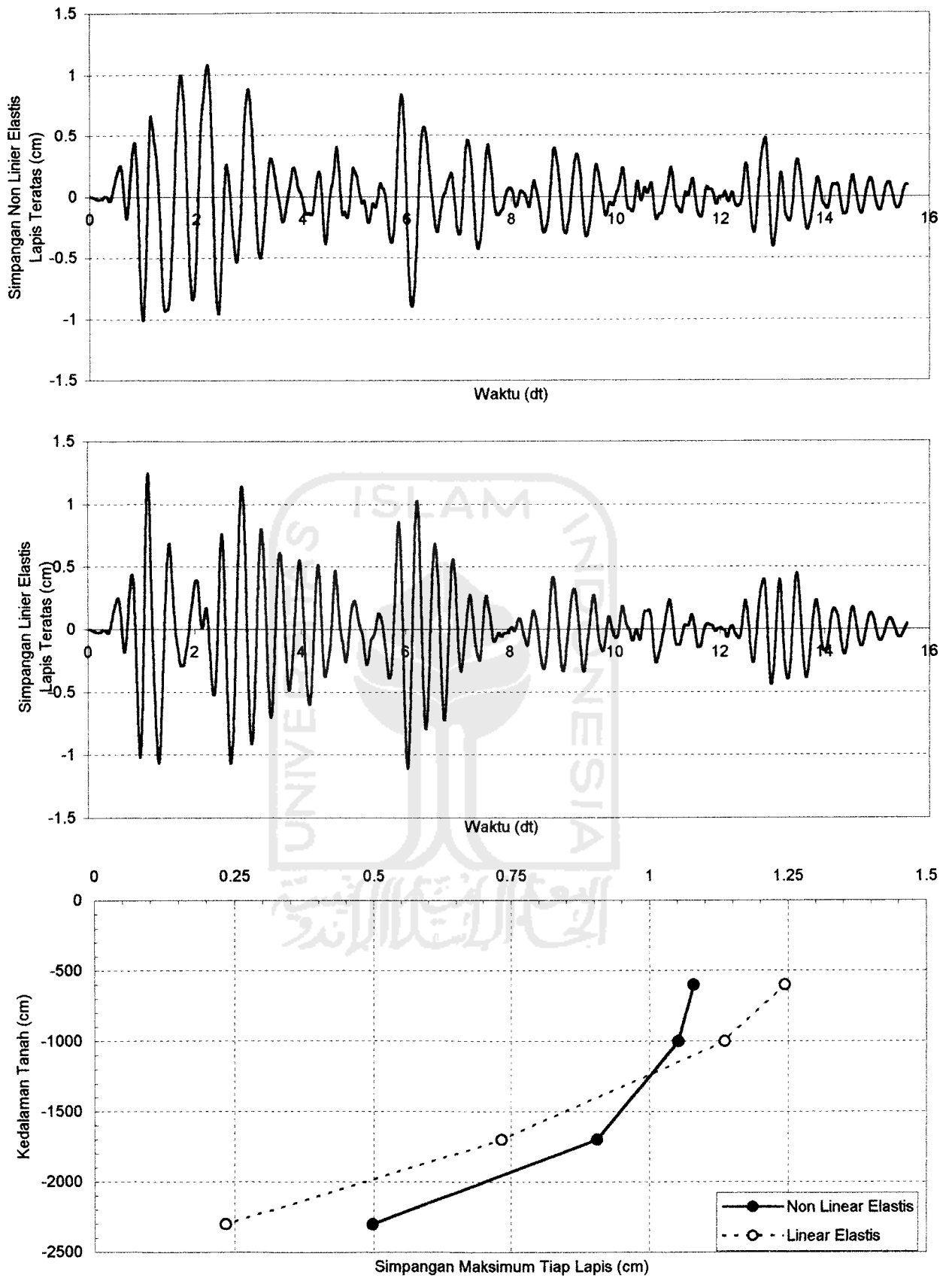
**Grafik 6.82.** Perbandingan Regangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Tanpa Massa Bangunan Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa El Centro



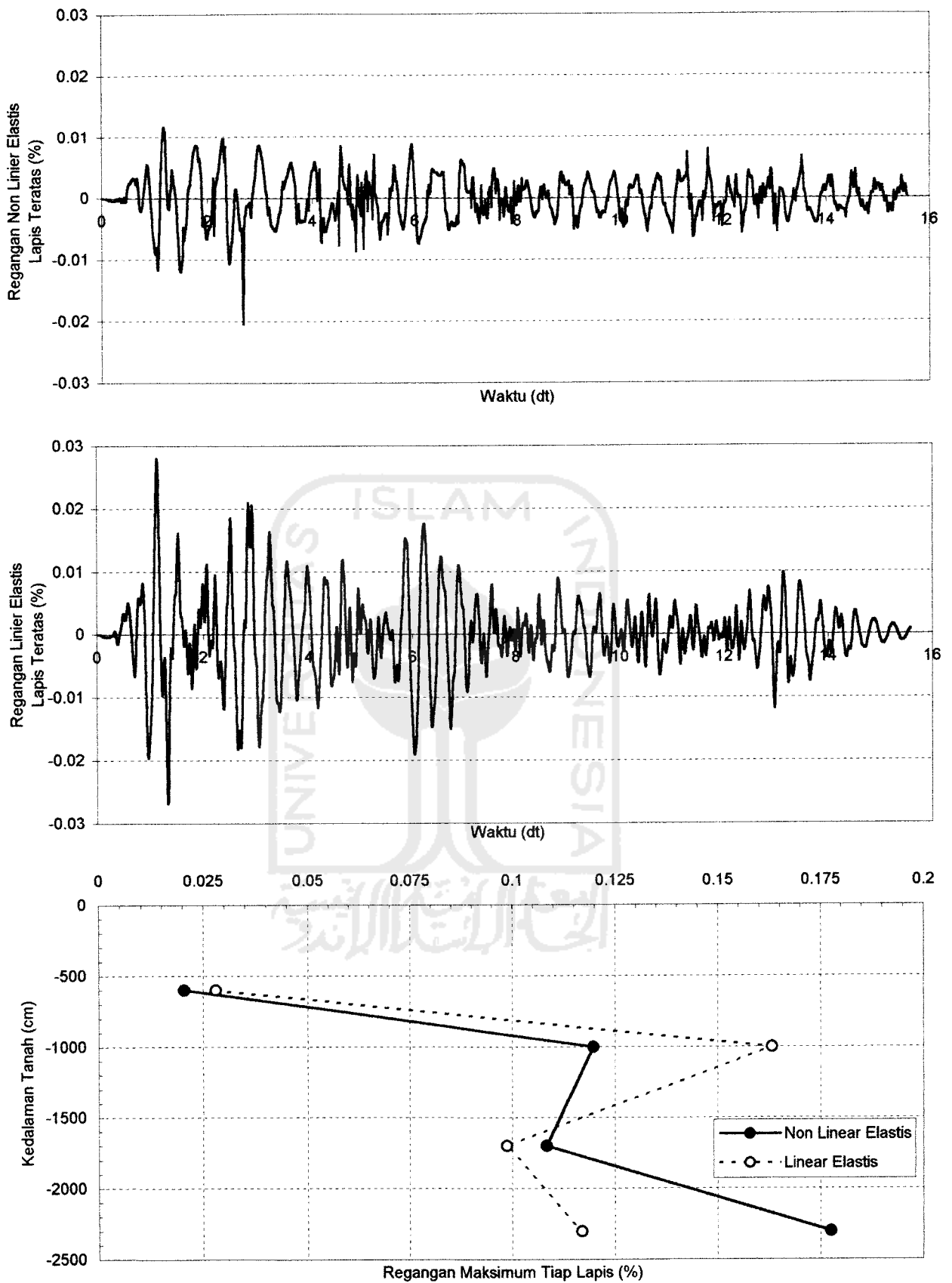
**Grafik 6.83.** Perbandingan Percepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa El Centro



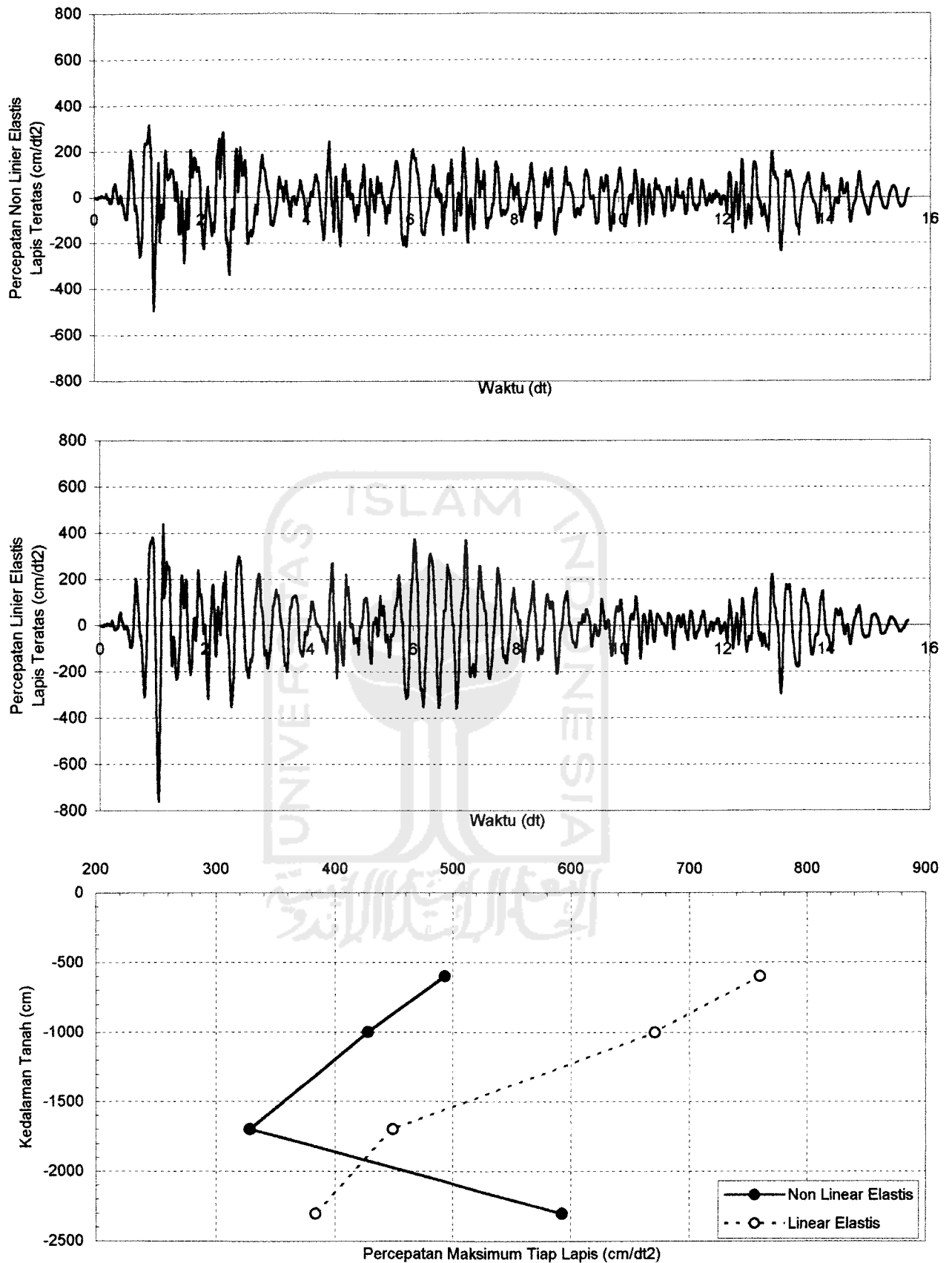
**Grafik 6.84.** Perbandingan Kecepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa El Centro



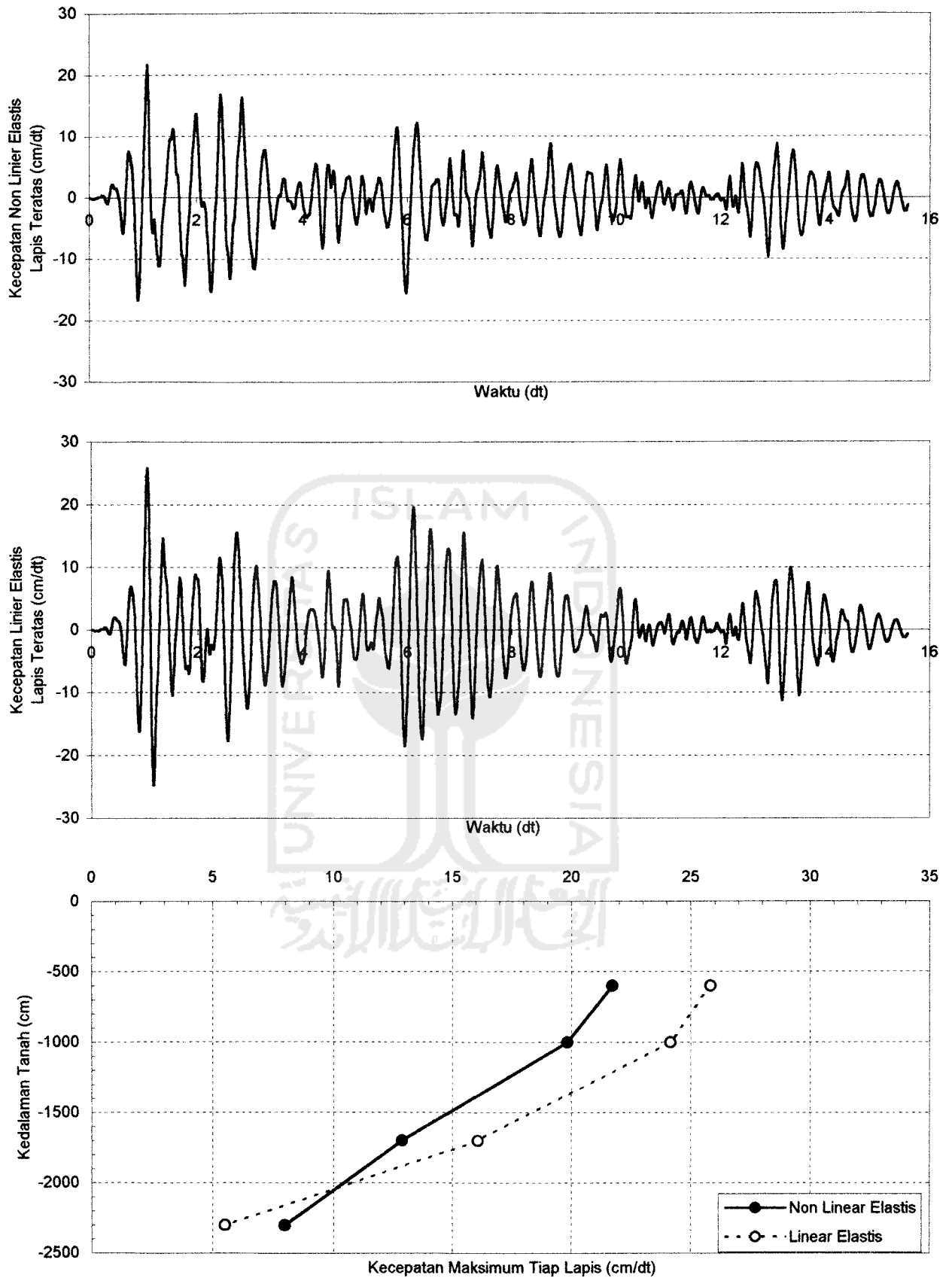
**Grafik 6.85.** Perbandingan Simpangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa El Centro



**Grafik 6.86.** Perbandingan Regangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa El Centro

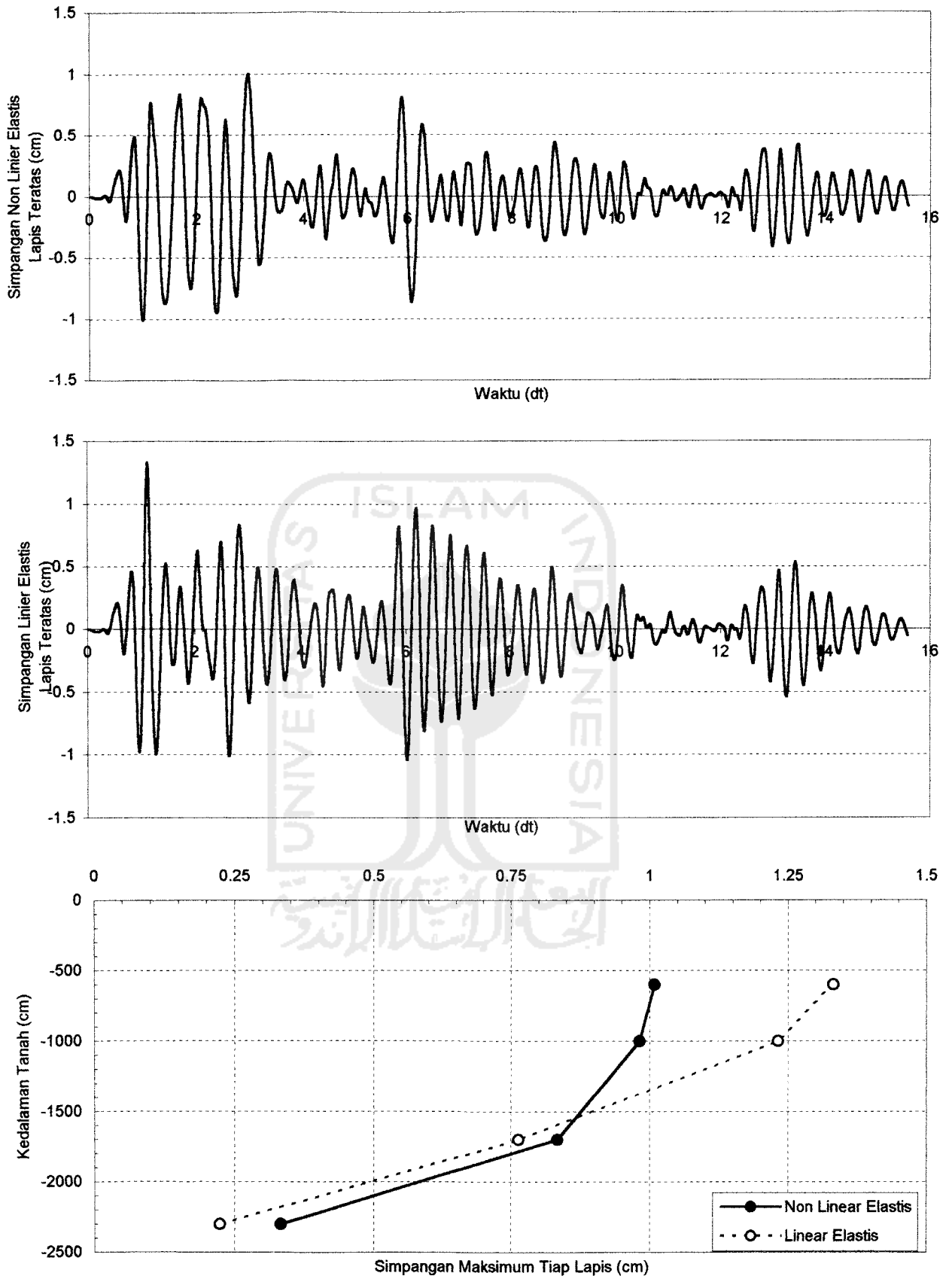


**Grafik 6.87.** Perbandingan Percepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa El Centro

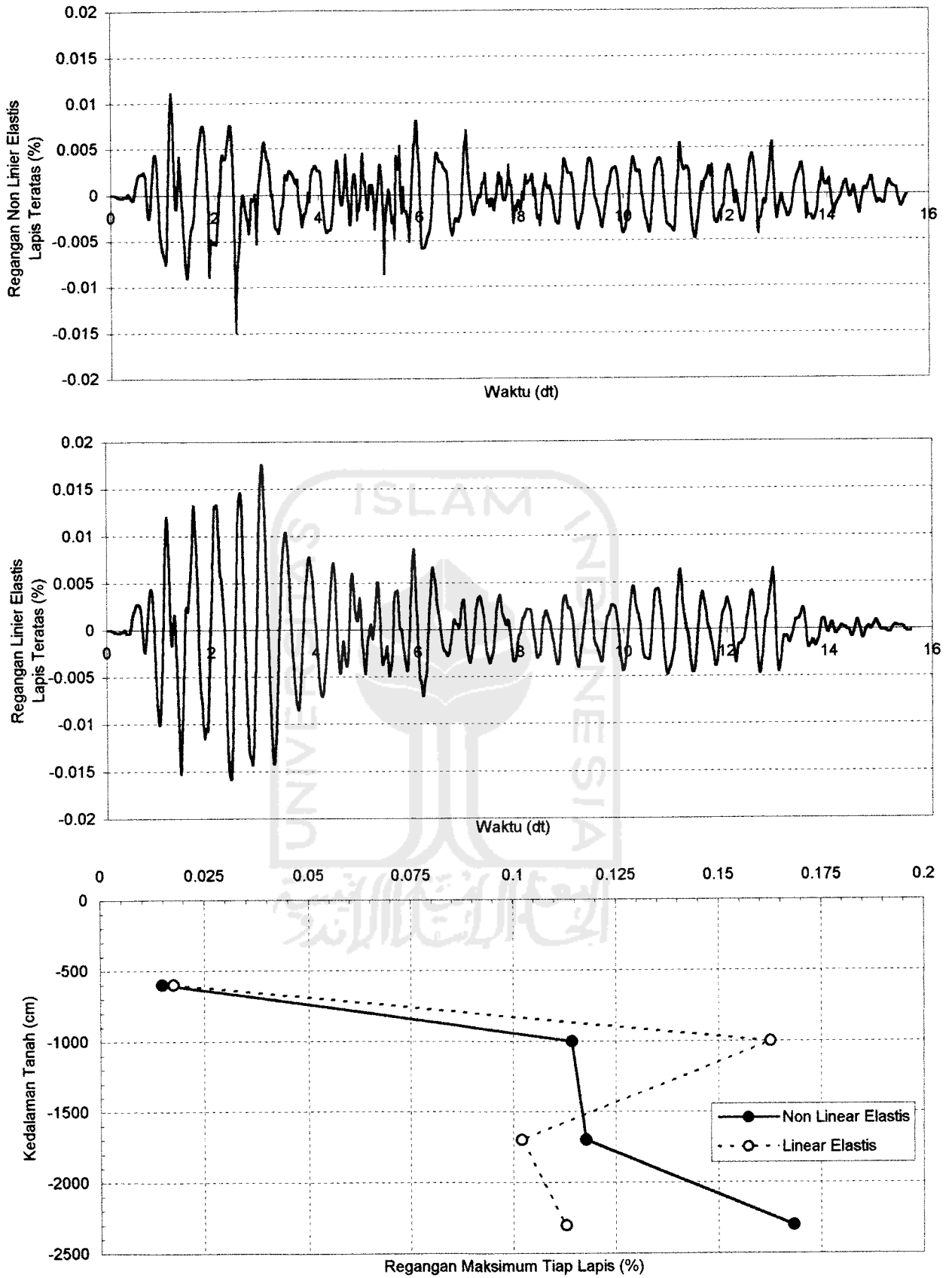


**Grafik 6.88.** Perbandingan Kecepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa El Centro

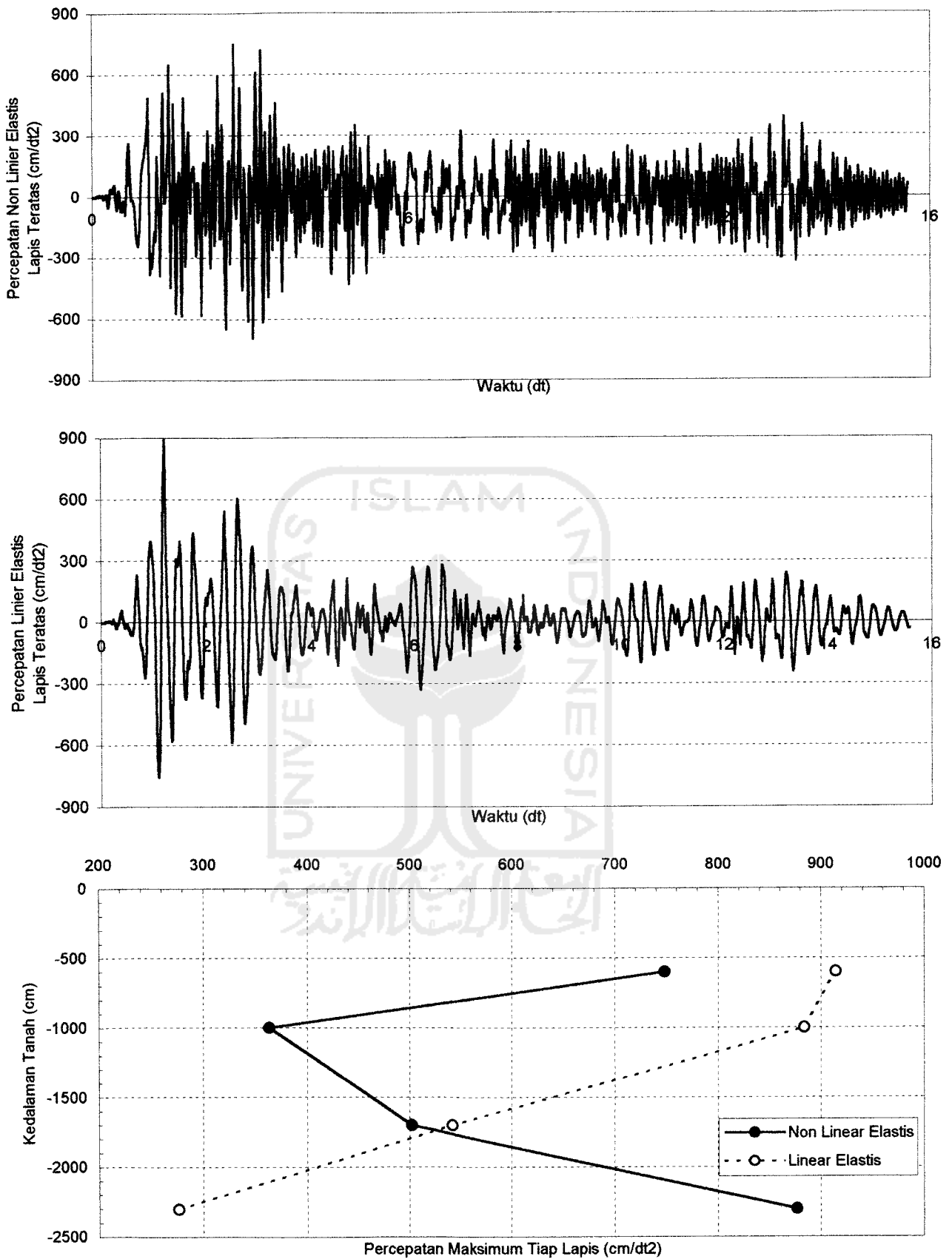




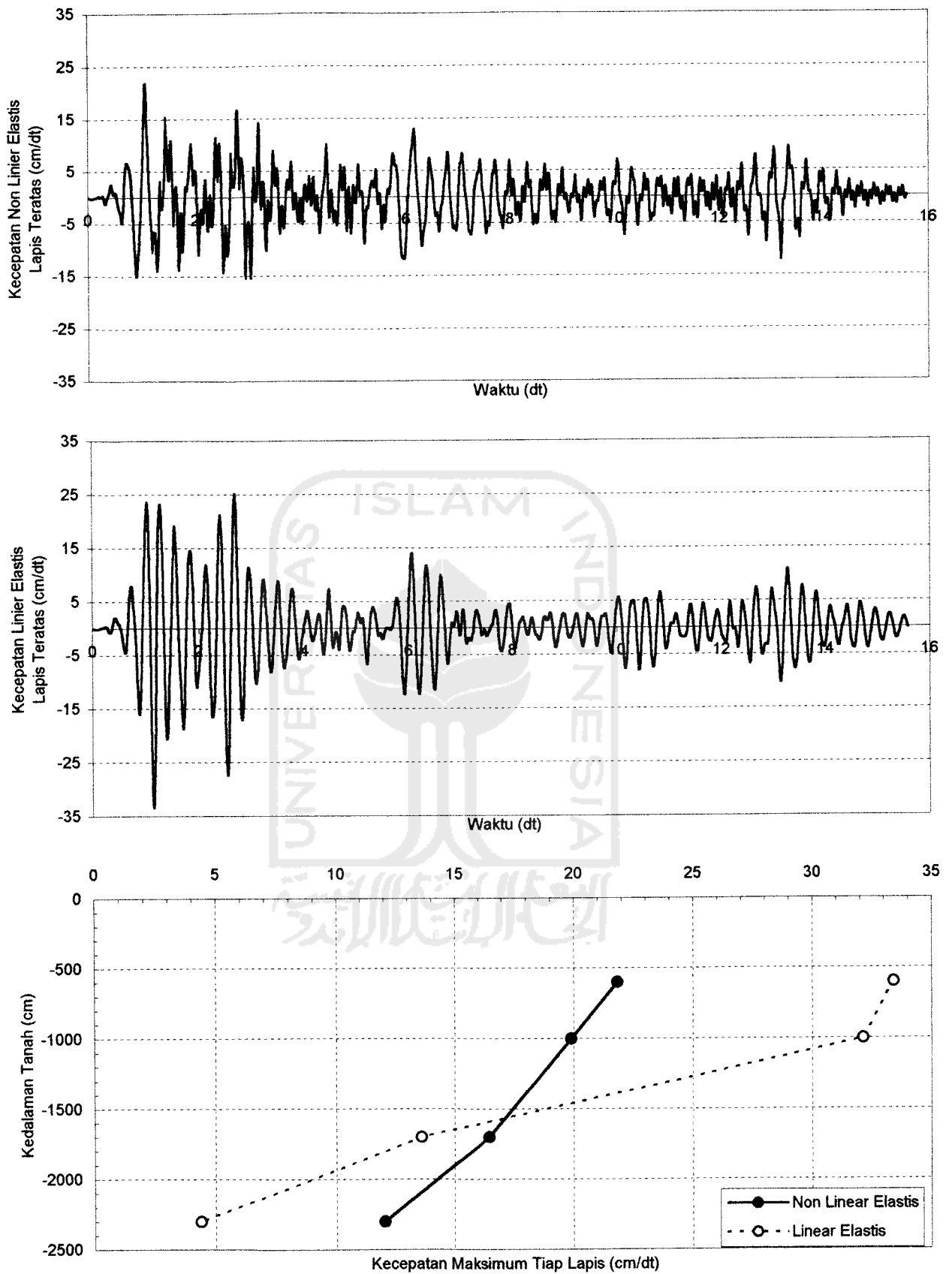
**Grafik 6.89.** Perbandingan Simpangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa El Centro



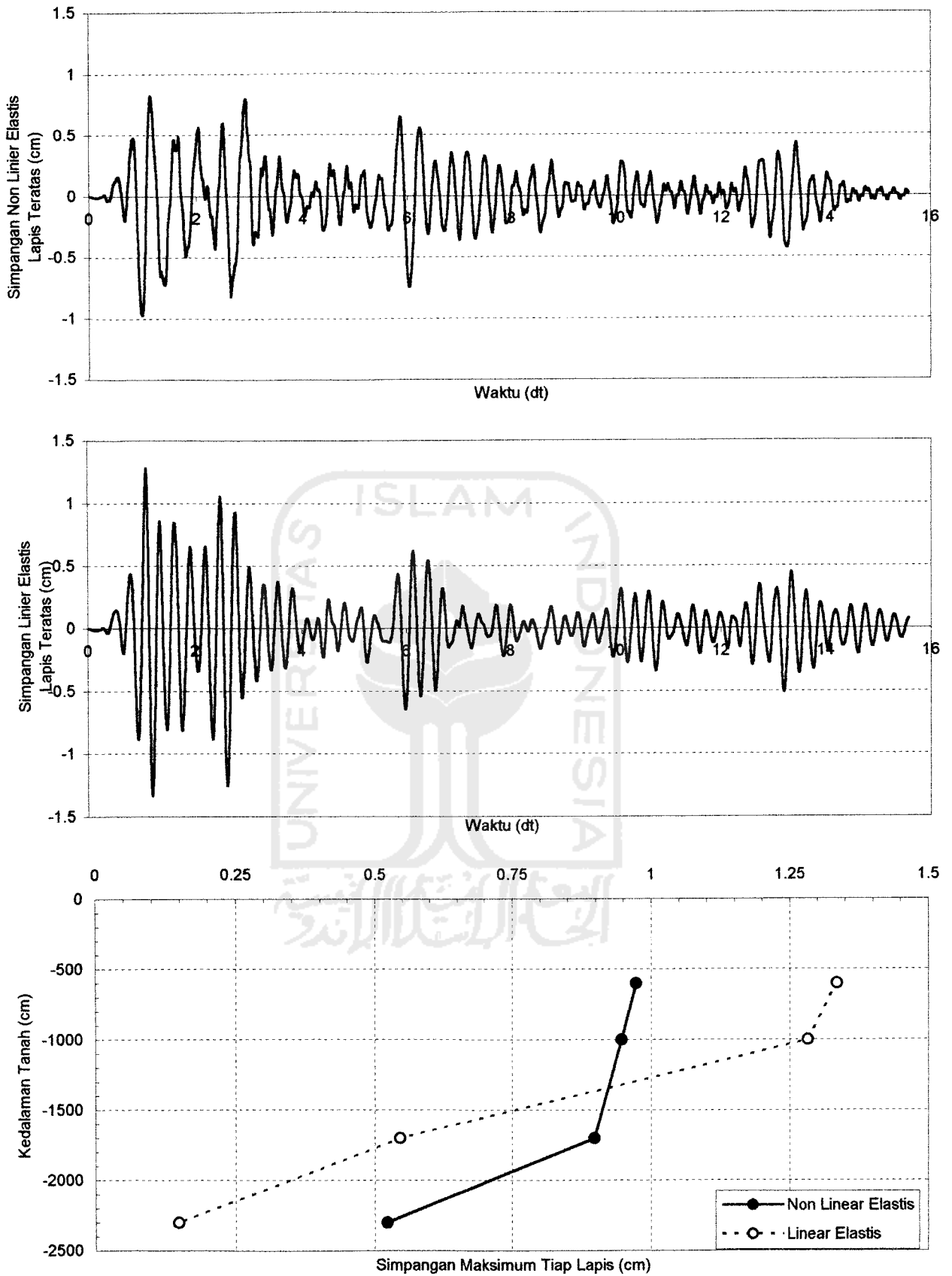
**Grafik 6.90.** Perbandingan Regangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa El Centro



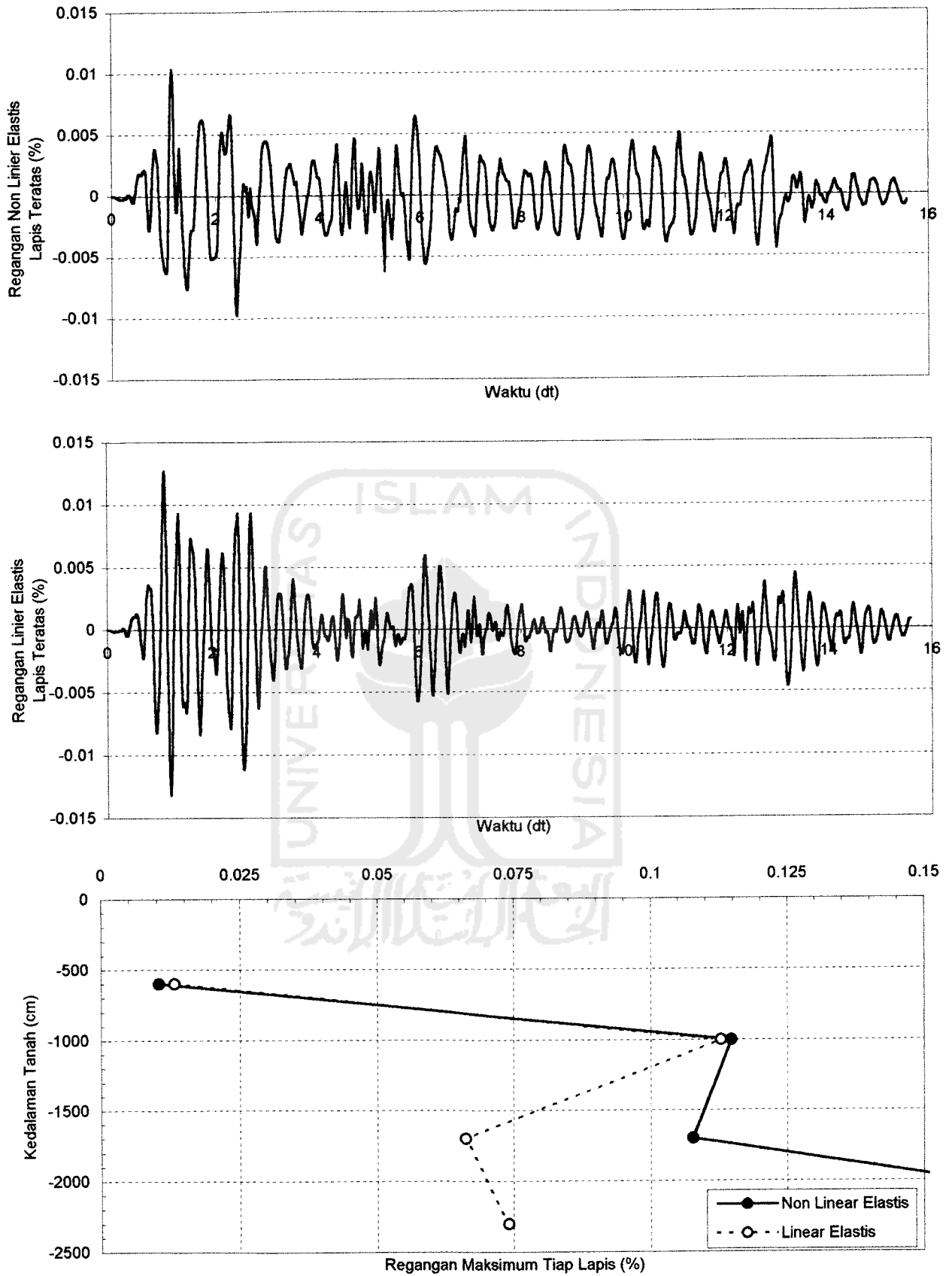
**Grafik 6.91.** Perbandingan Percepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa El Centro



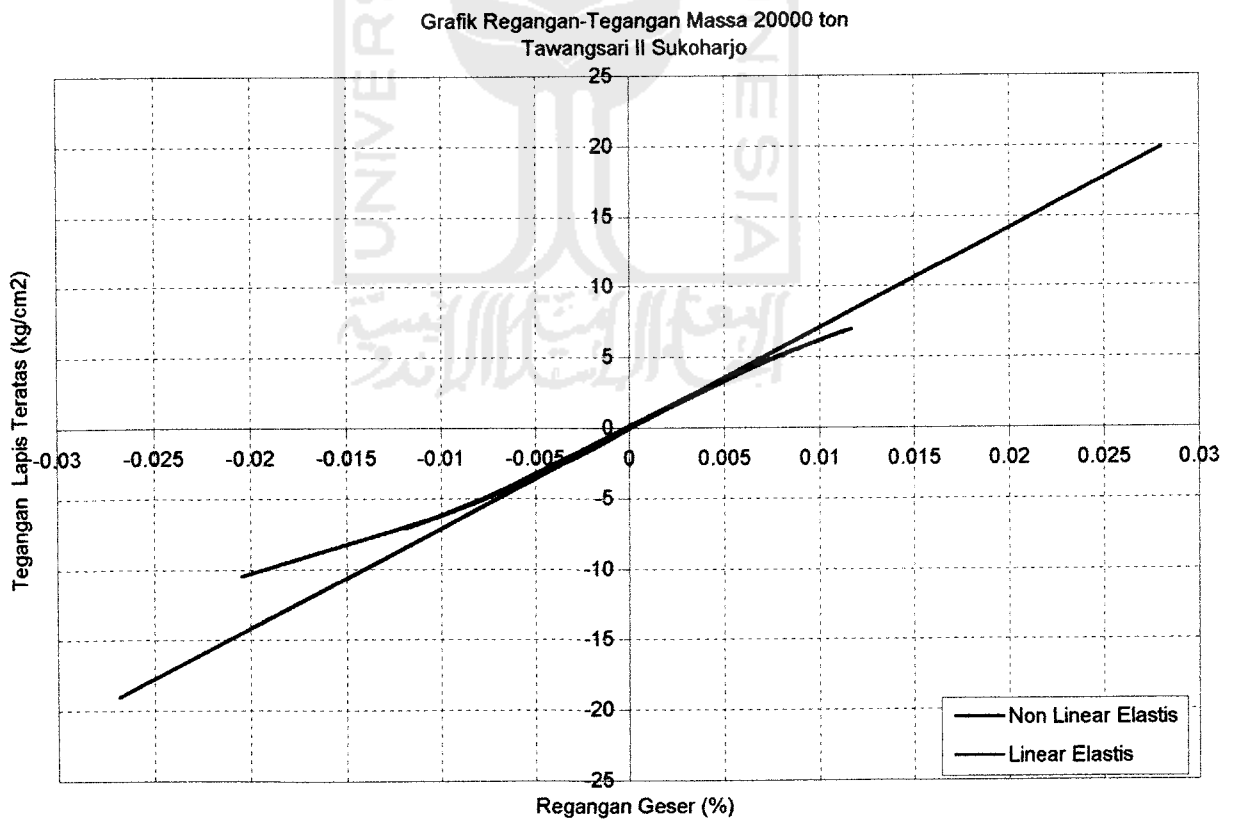
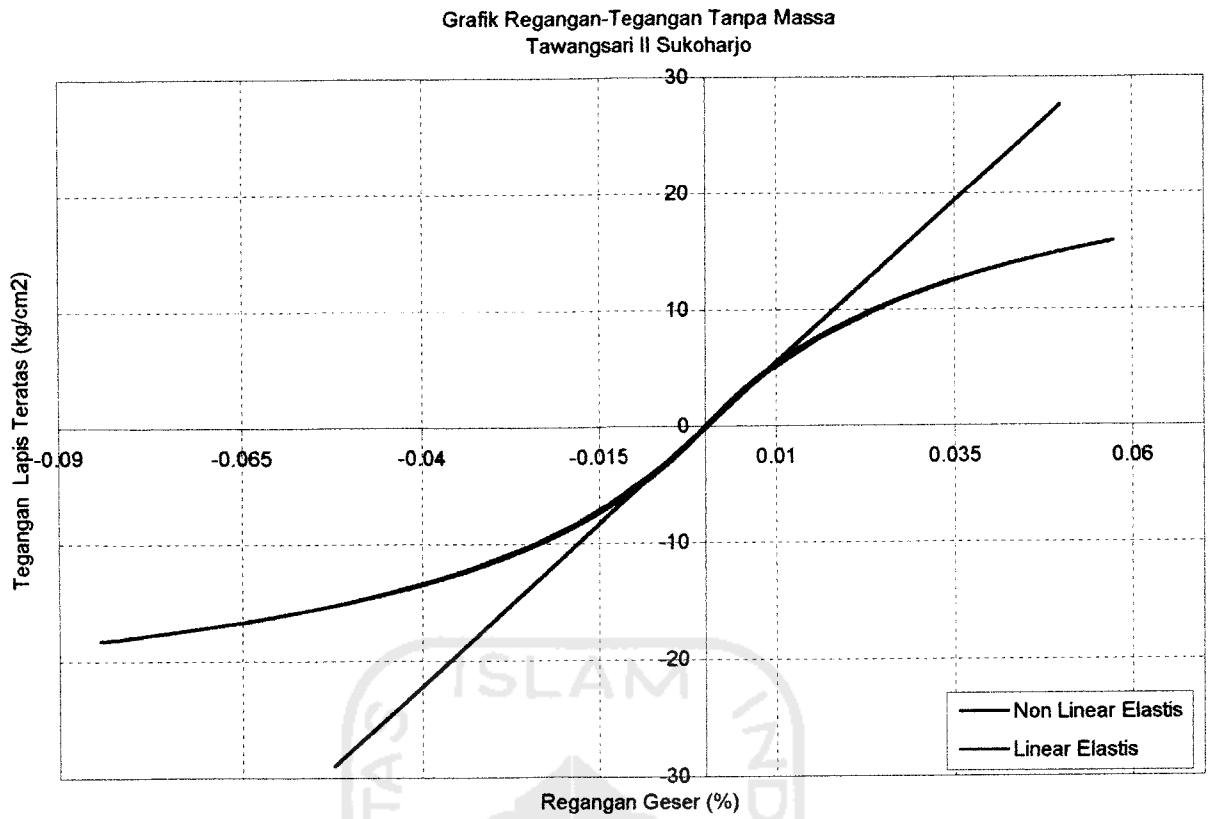
**Grafik 6.92.** Perbandingan Kecepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa El Centro



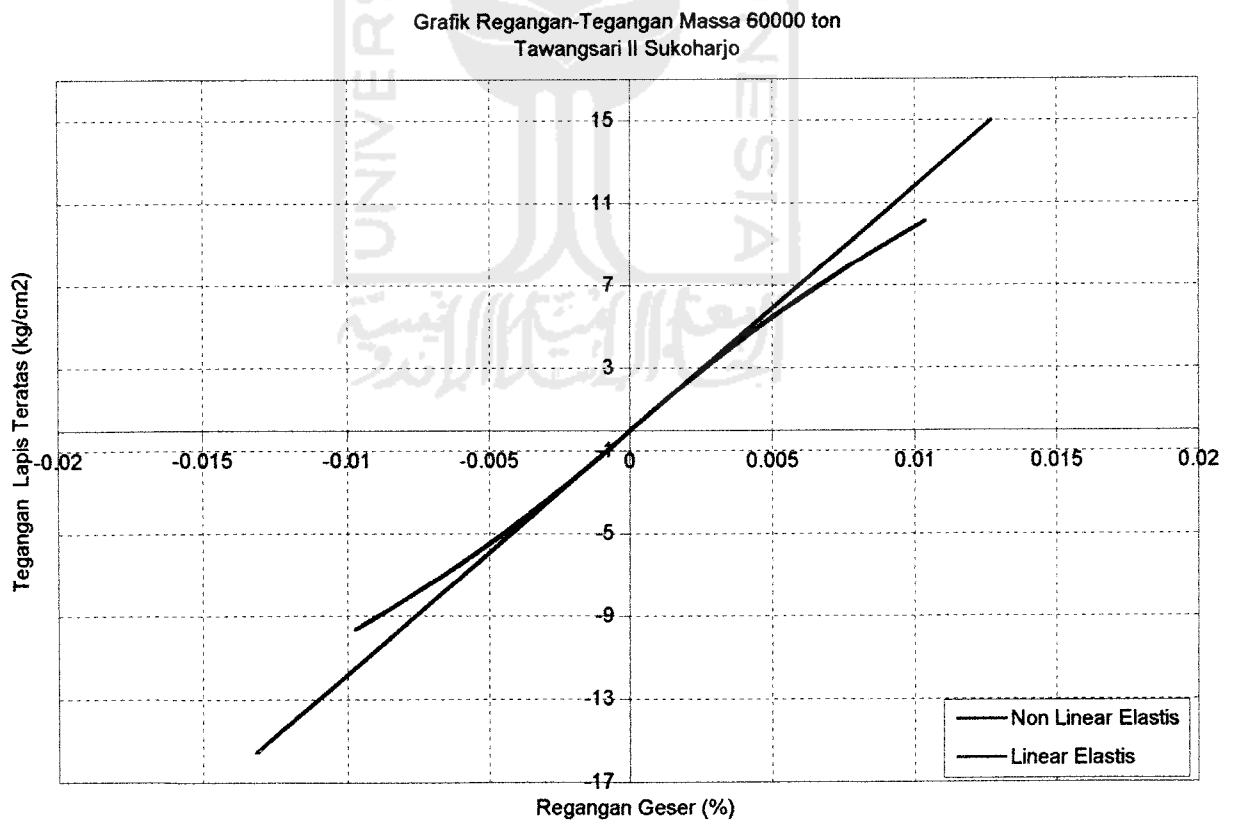
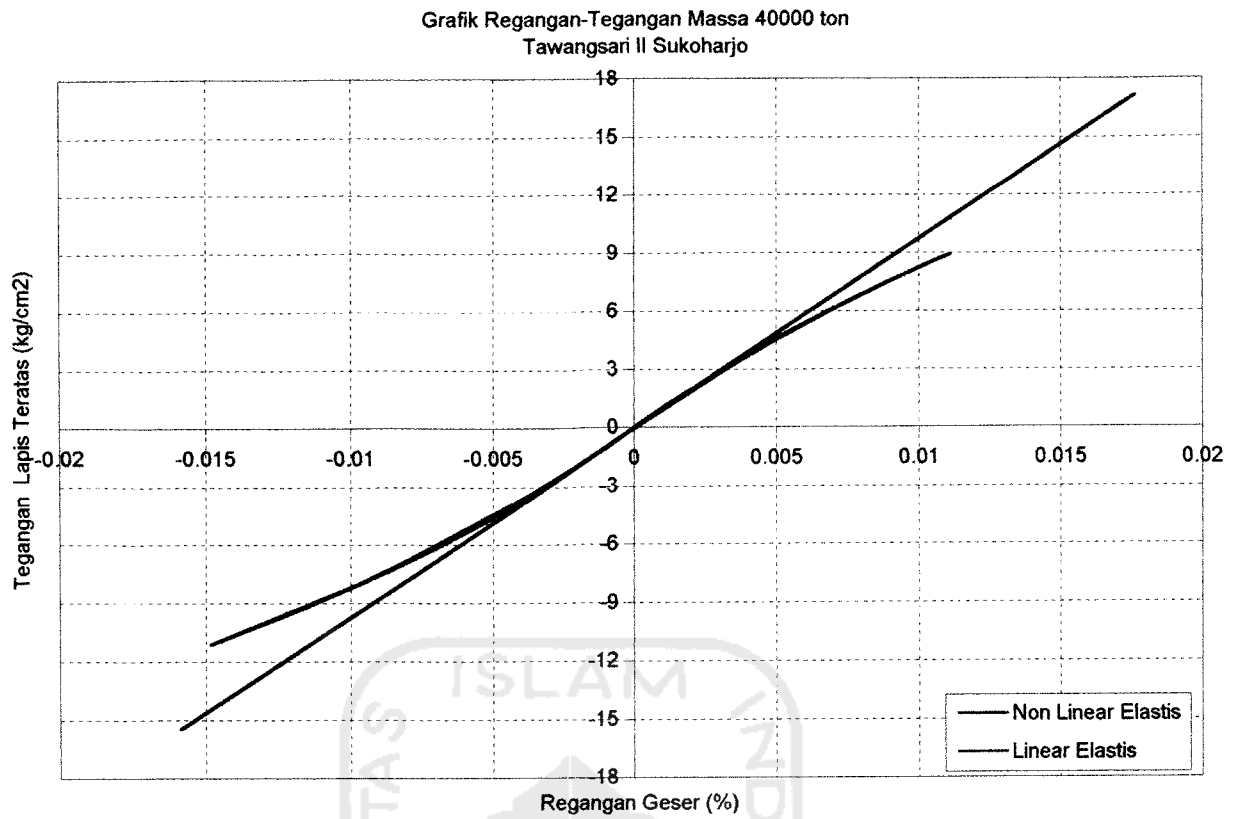
**Grafik 6.93.** Perbandingan Simpangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa El Centro



**Grafik 6.94.** Perbandingan Regangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa El Centro

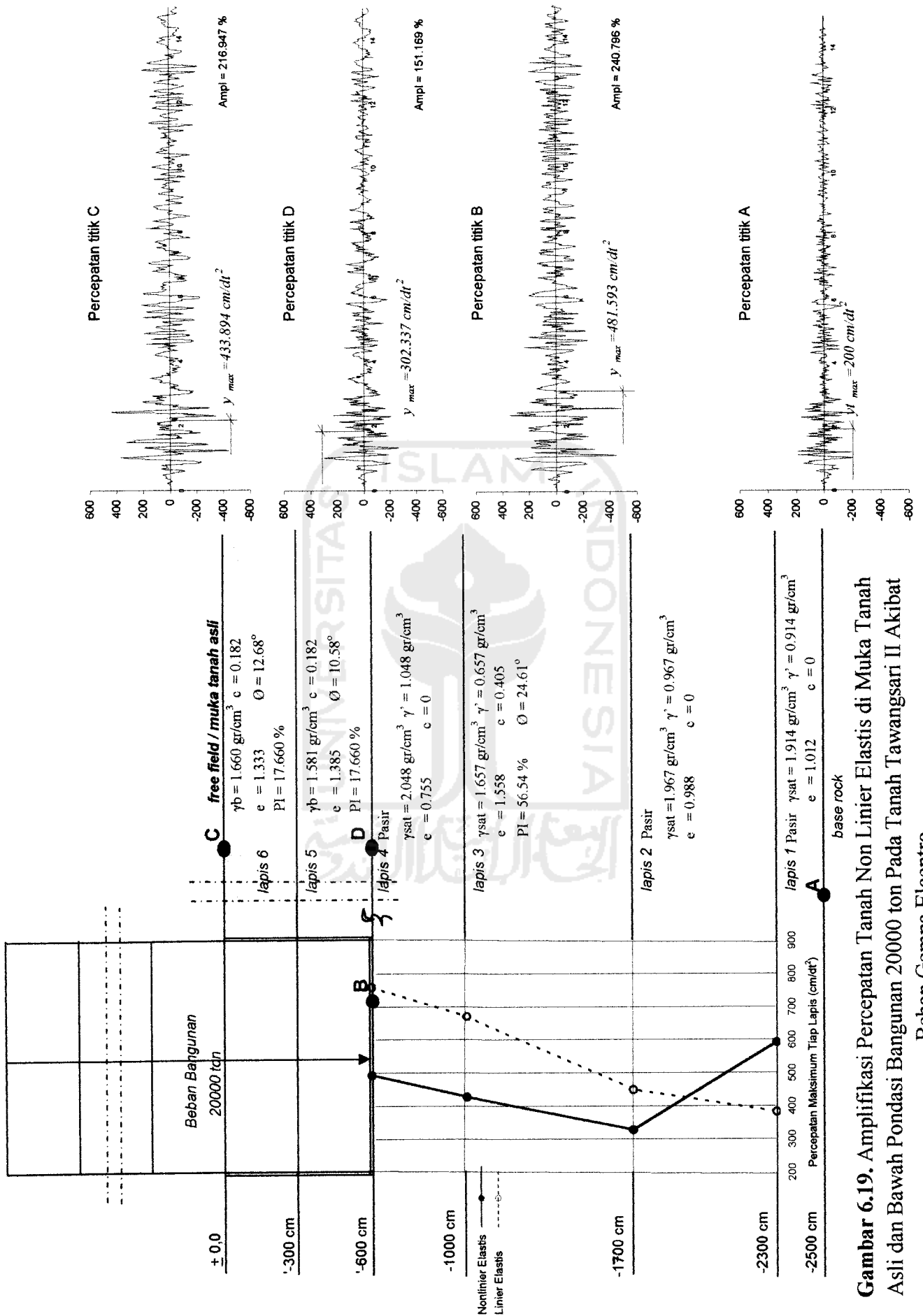


**Grafik 6.95.** Perbandingan Regangan-Tegangan Tanah Non Linier dan Linier Elastis Tanpa Massa dan Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa El Centro

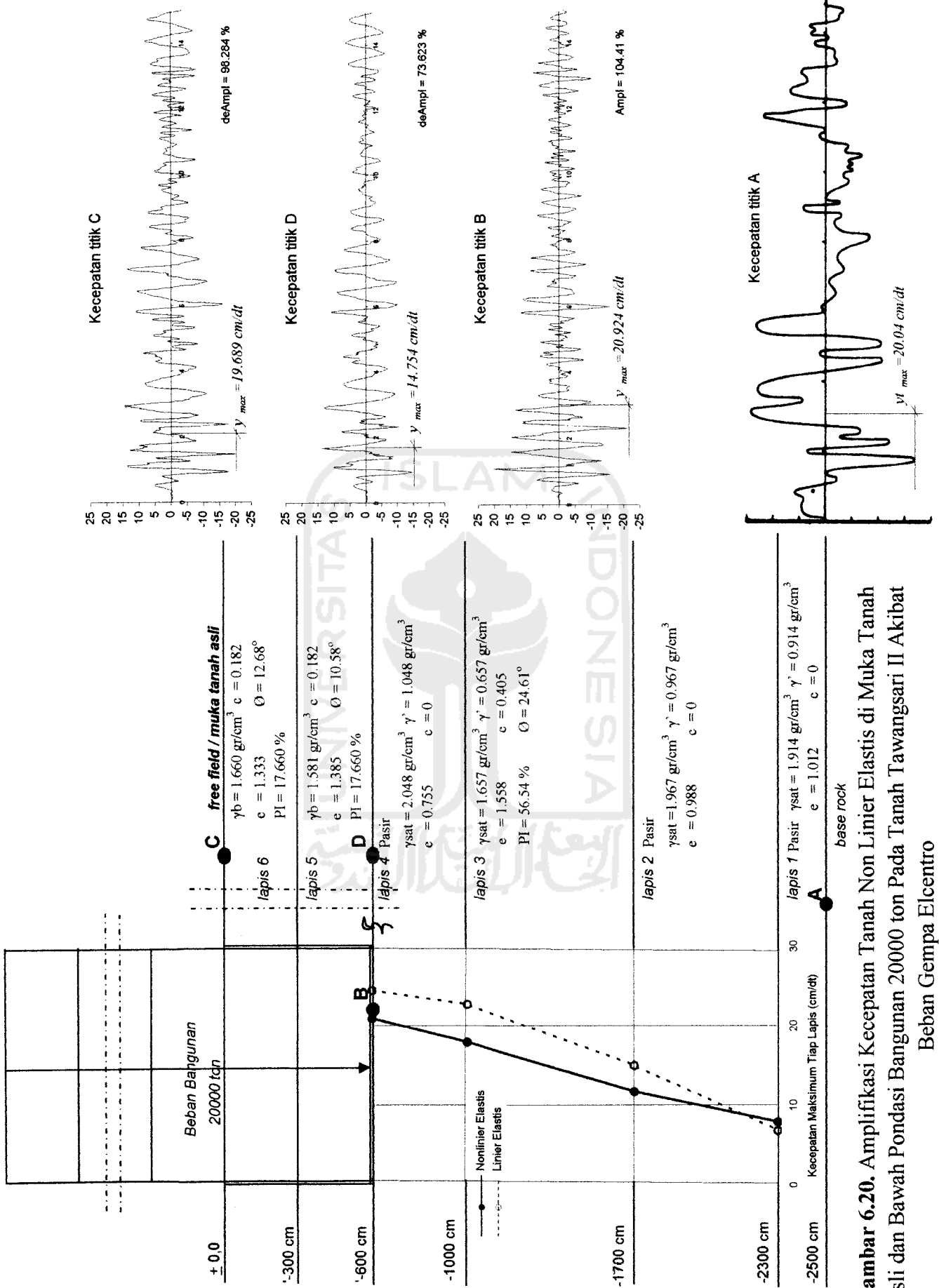


**Grafik 6.96.** Perbandingan Regangan-Tegangan Tanah Non Linier dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton dan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa El Centro

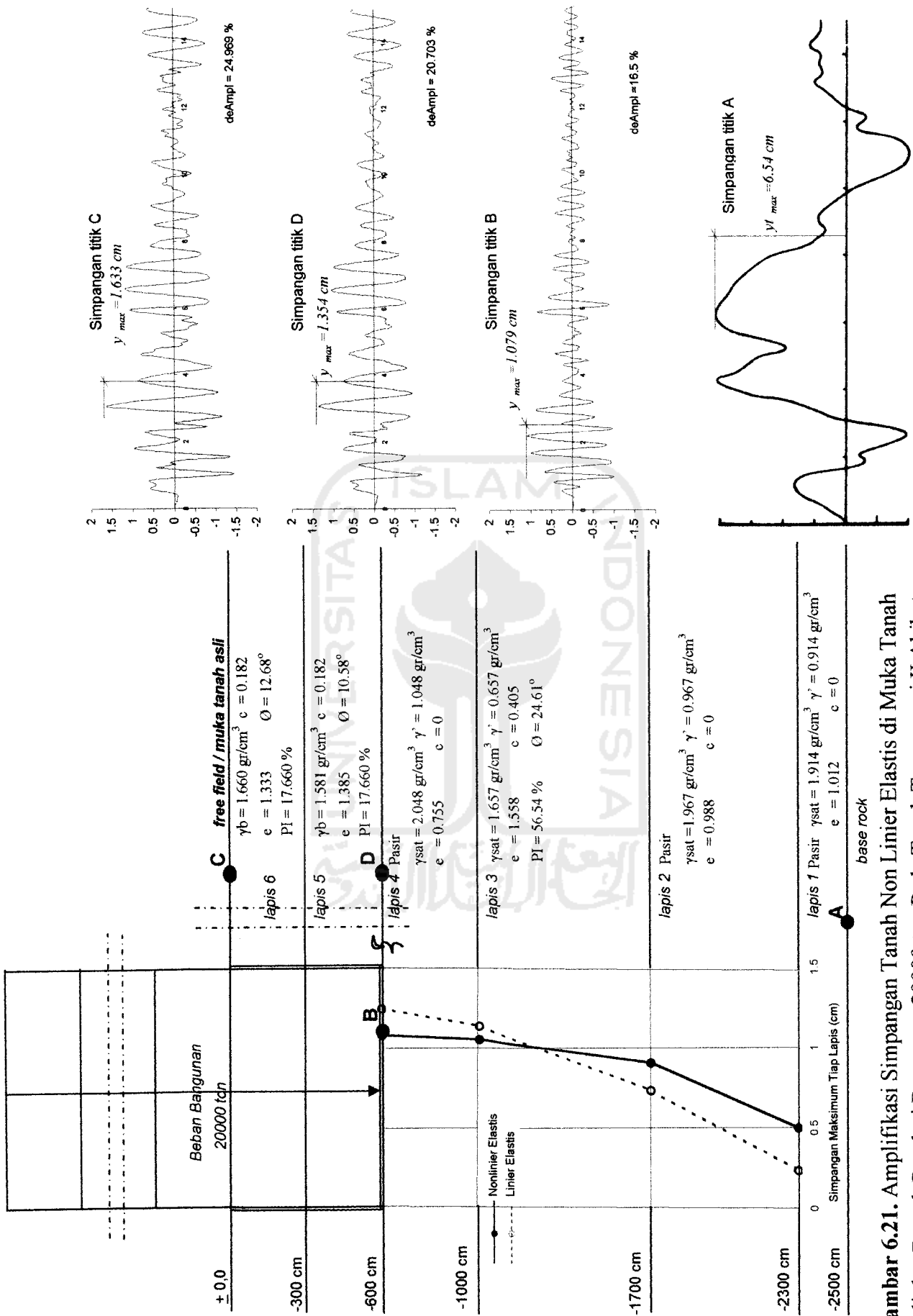




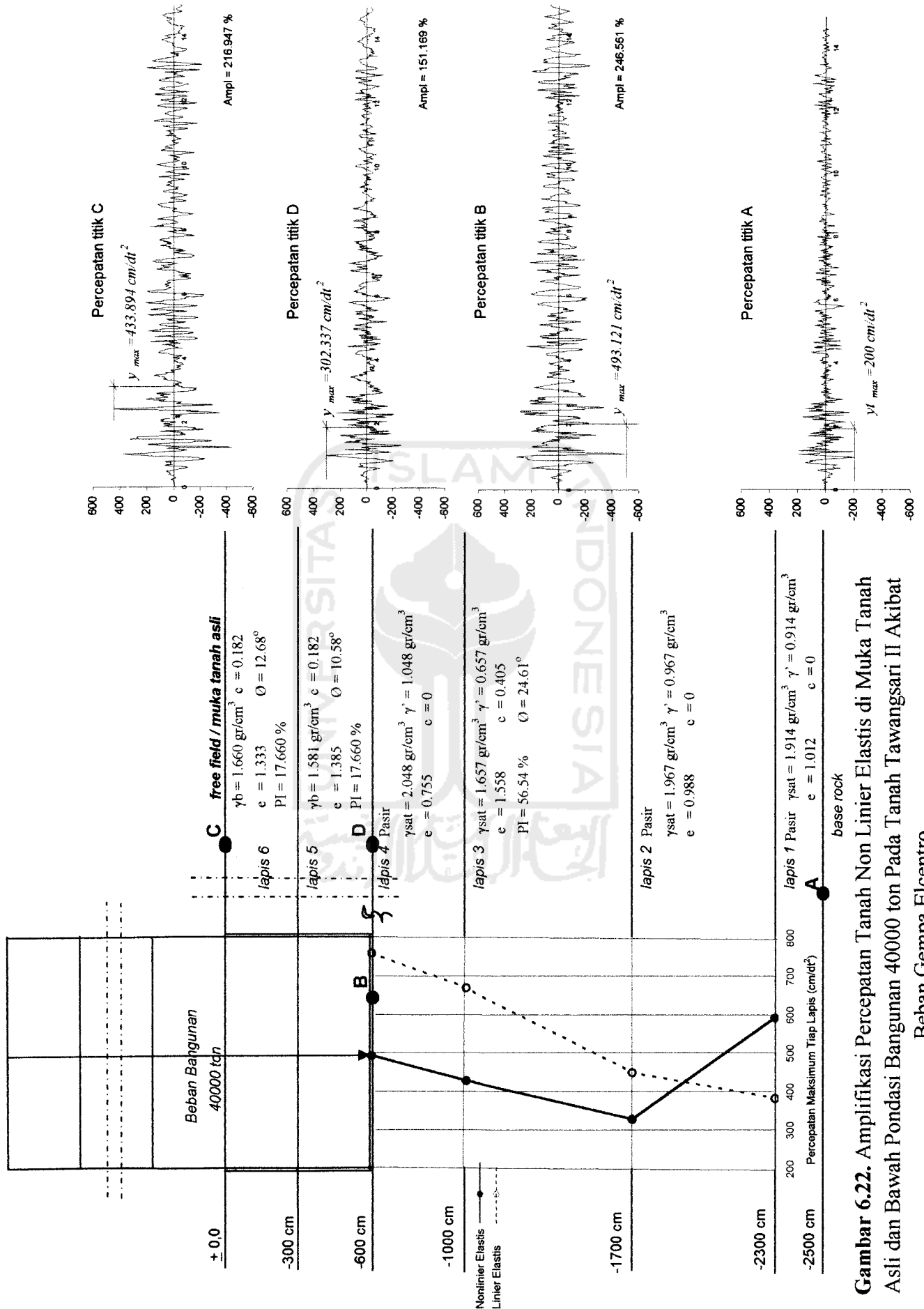
**Gambar 6.19.** Amplifikasi Percepatan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 20000 ton Pada Tanah Tawangsari II Akibat Beban Gempa Elcentro



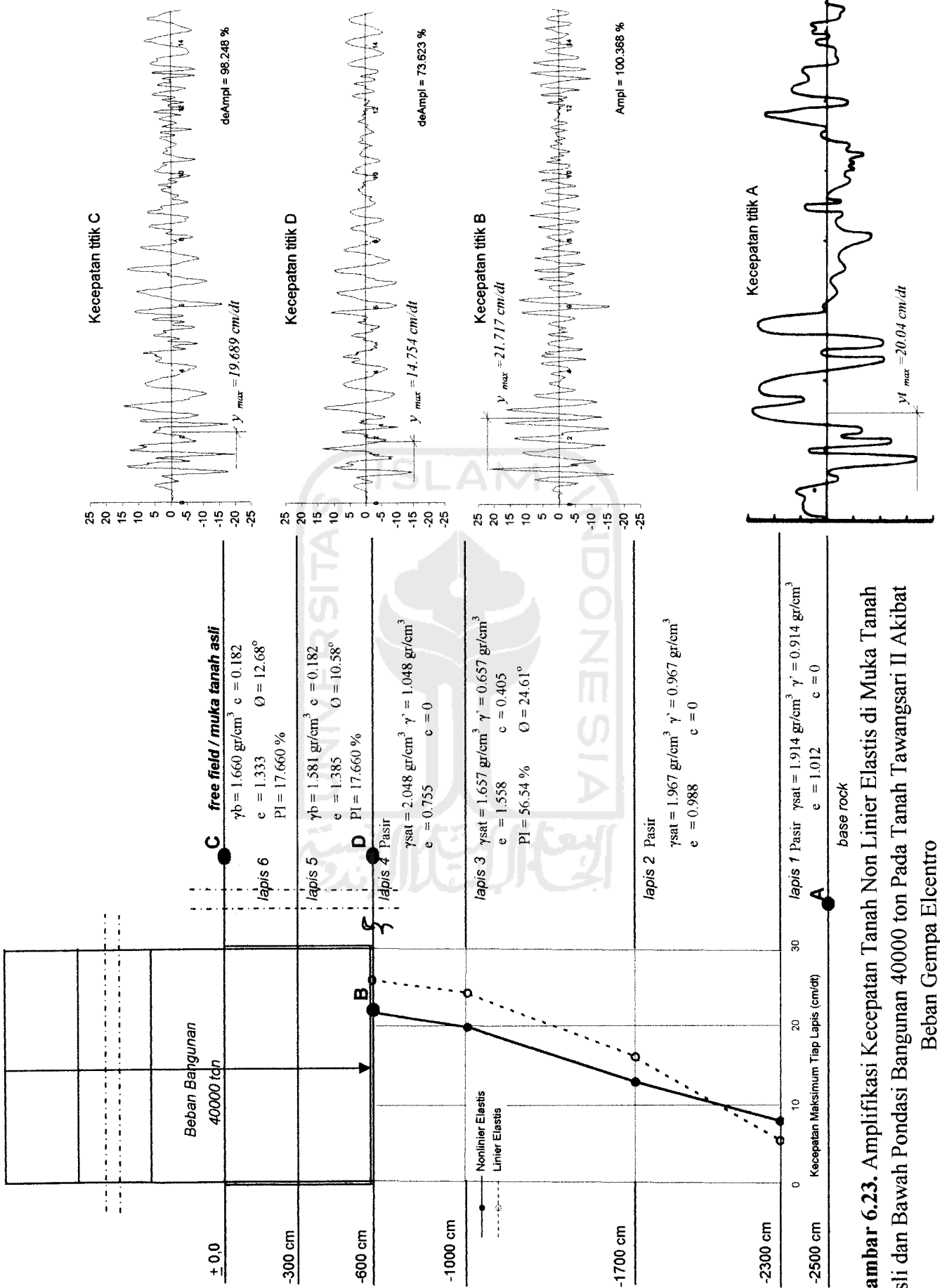
**Gambar 6.20.** Amplifikasi Kecepatan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 20000 ton Pada Tanah Tawangsari II Akibat Beban Gempa Elcentro



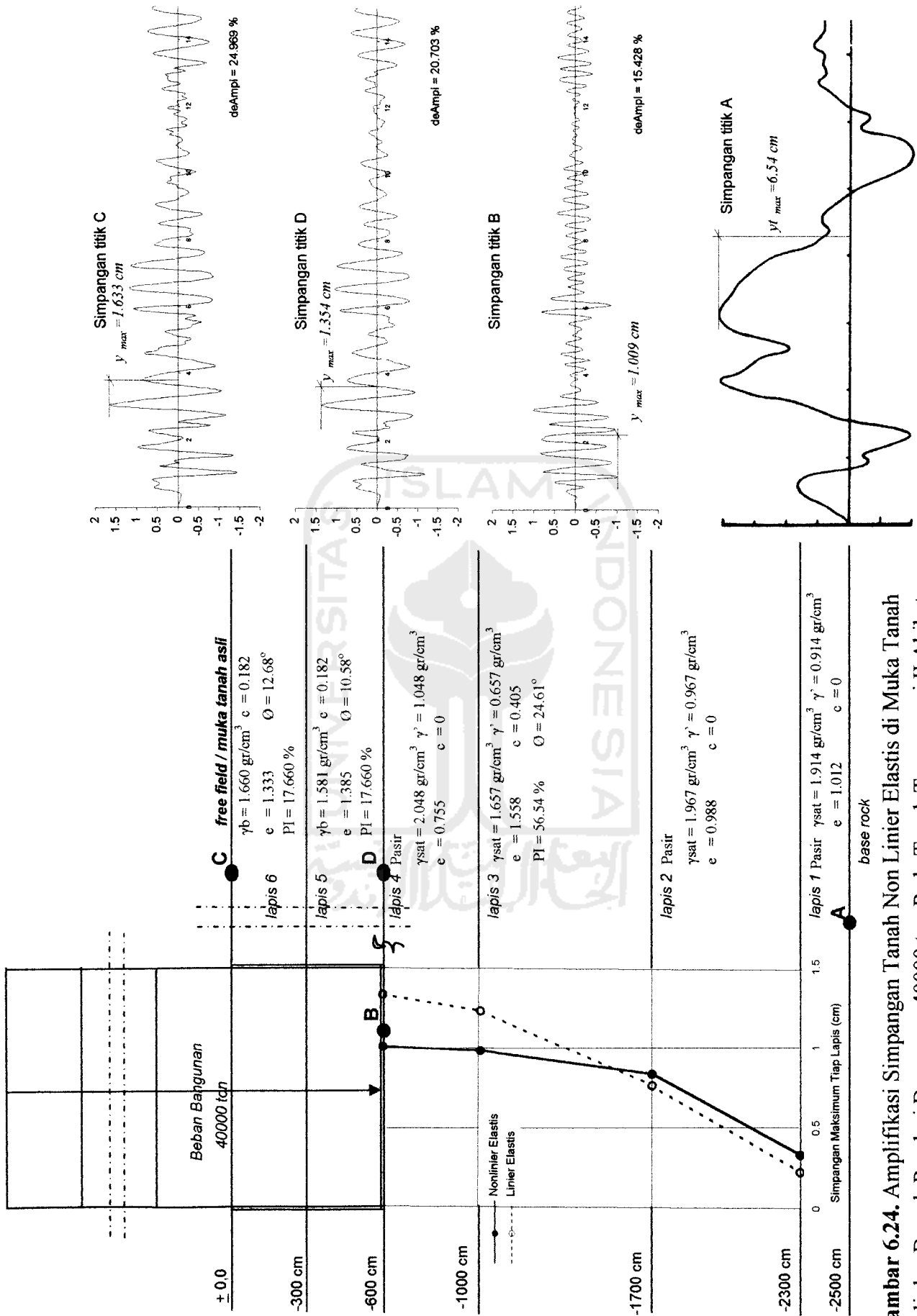
**Gambar 6.21.** Amplifikasi Simpangan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 20000 ton Pada Tanah Tawangsari II Akibat Beban Gempa Elcentro



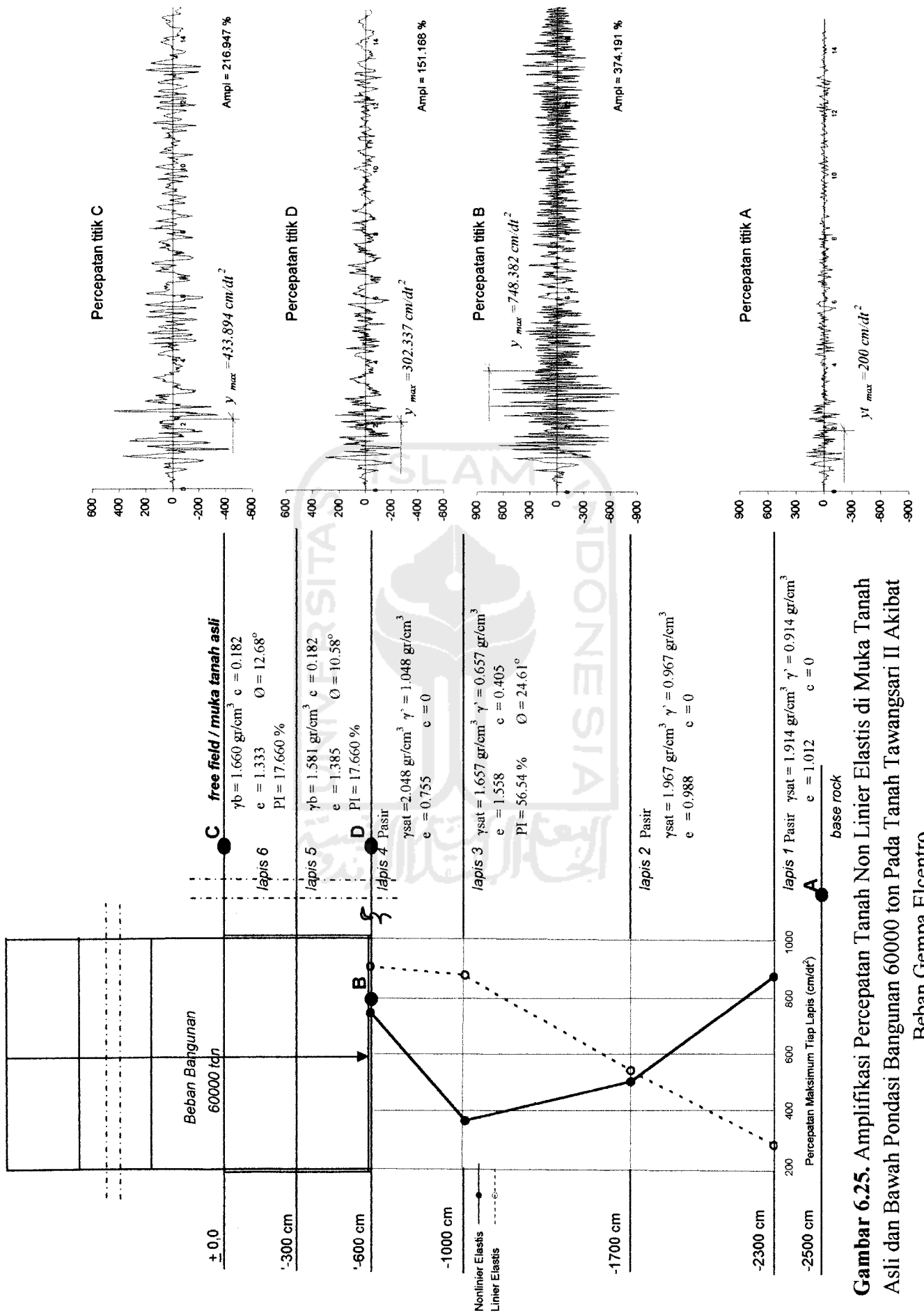
**Gambar 6.22.** Amplifikasi Percepatan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 40000 ton Pada Tanah Tawangsari II Akibat Beban Gempa Elcentro



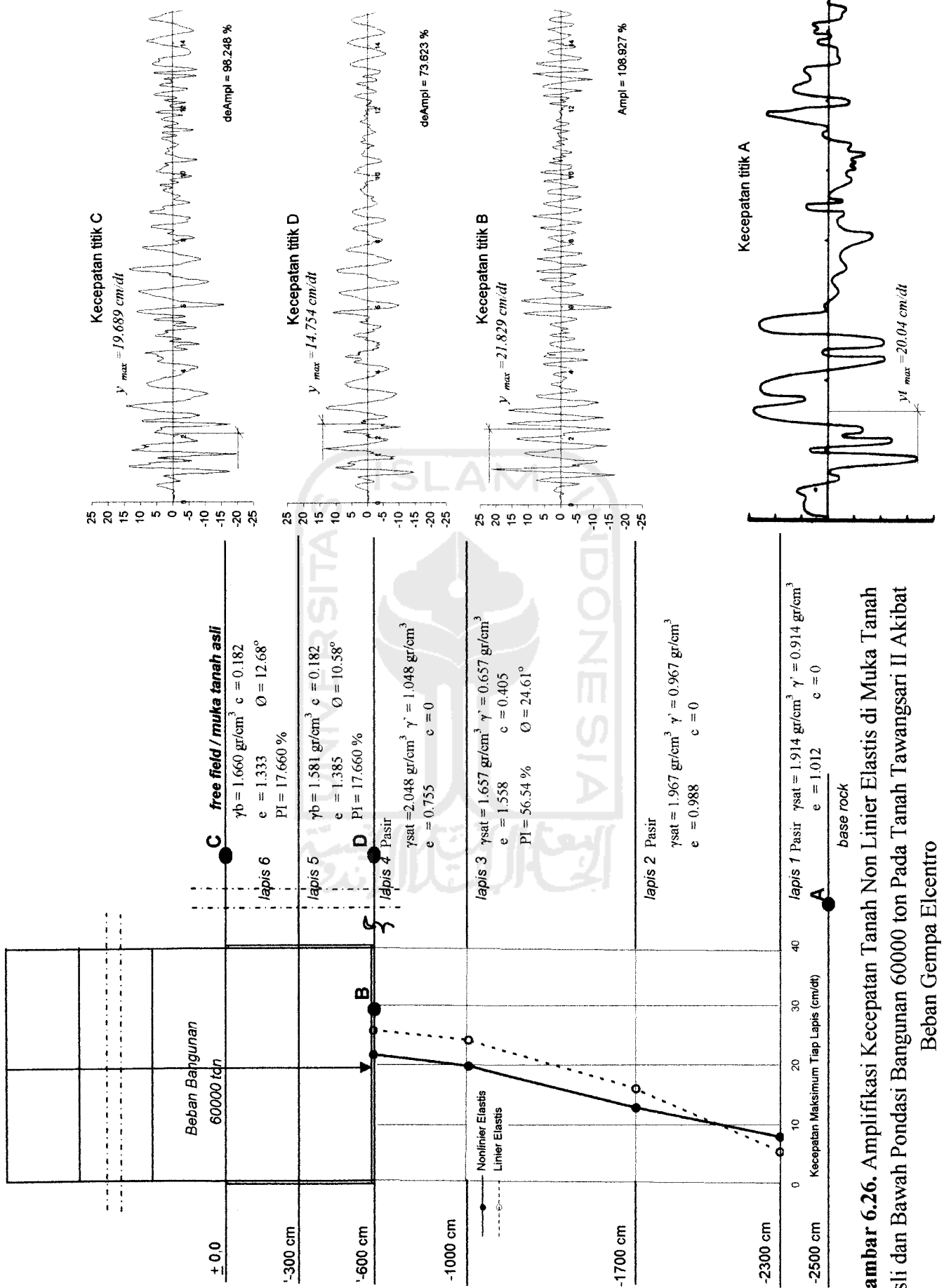
**Gambar 6.23.** Amplifikasi Kecepatan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 40000 ton Pada Tanah Tawangsari II Akibat Beban Gempa Elcentro



**Gambar 6.24.** Amplifikasi Simpangan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 40000 ton Pada Tanah Tawangsari II Akibat Beban Gempa Elcentro

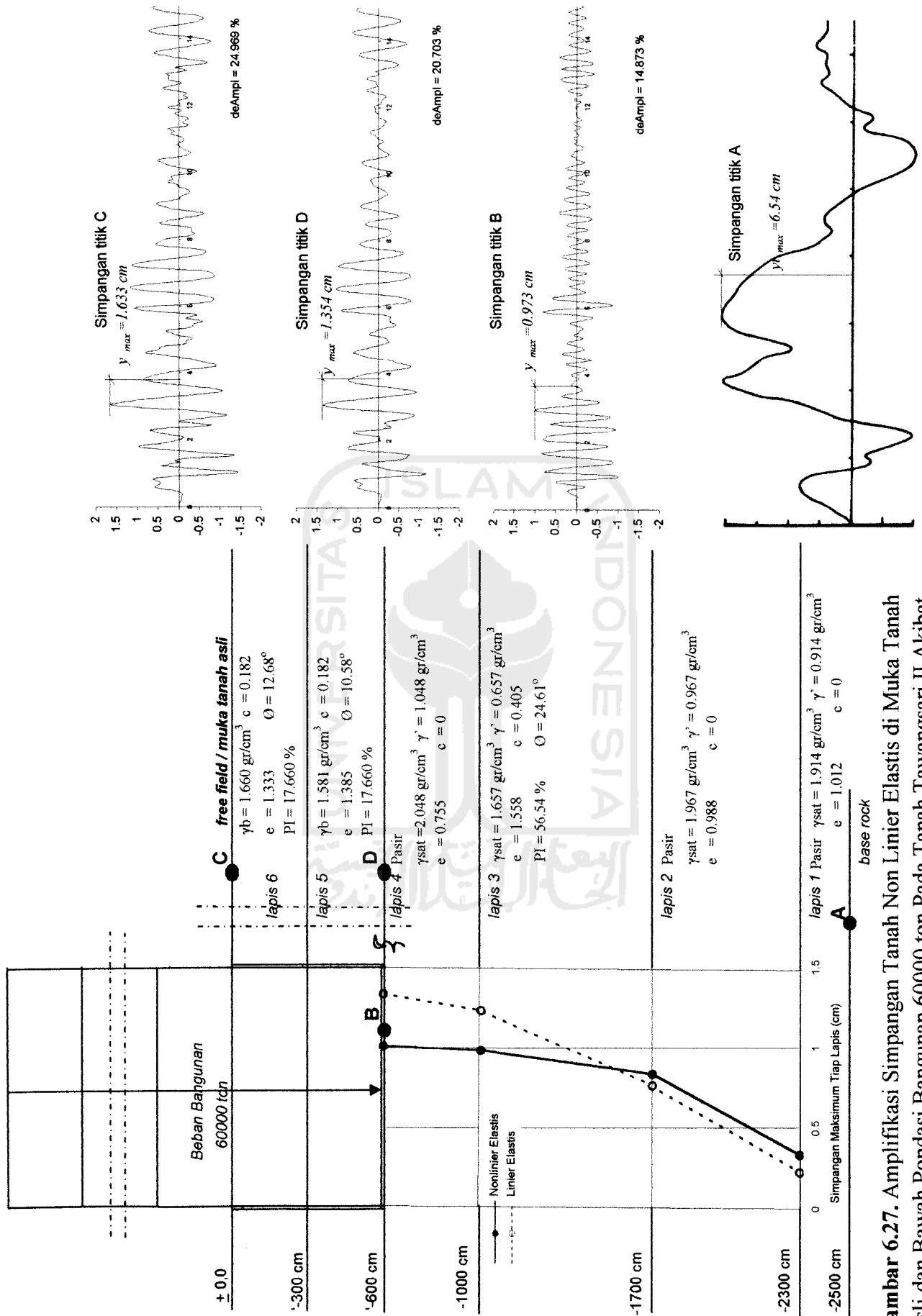


**Gambar 6.25.** Amplifikasi Percepatan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 60000 ton Pada Tanah Tawangsari II Akibat Beban Gempa Elcentro

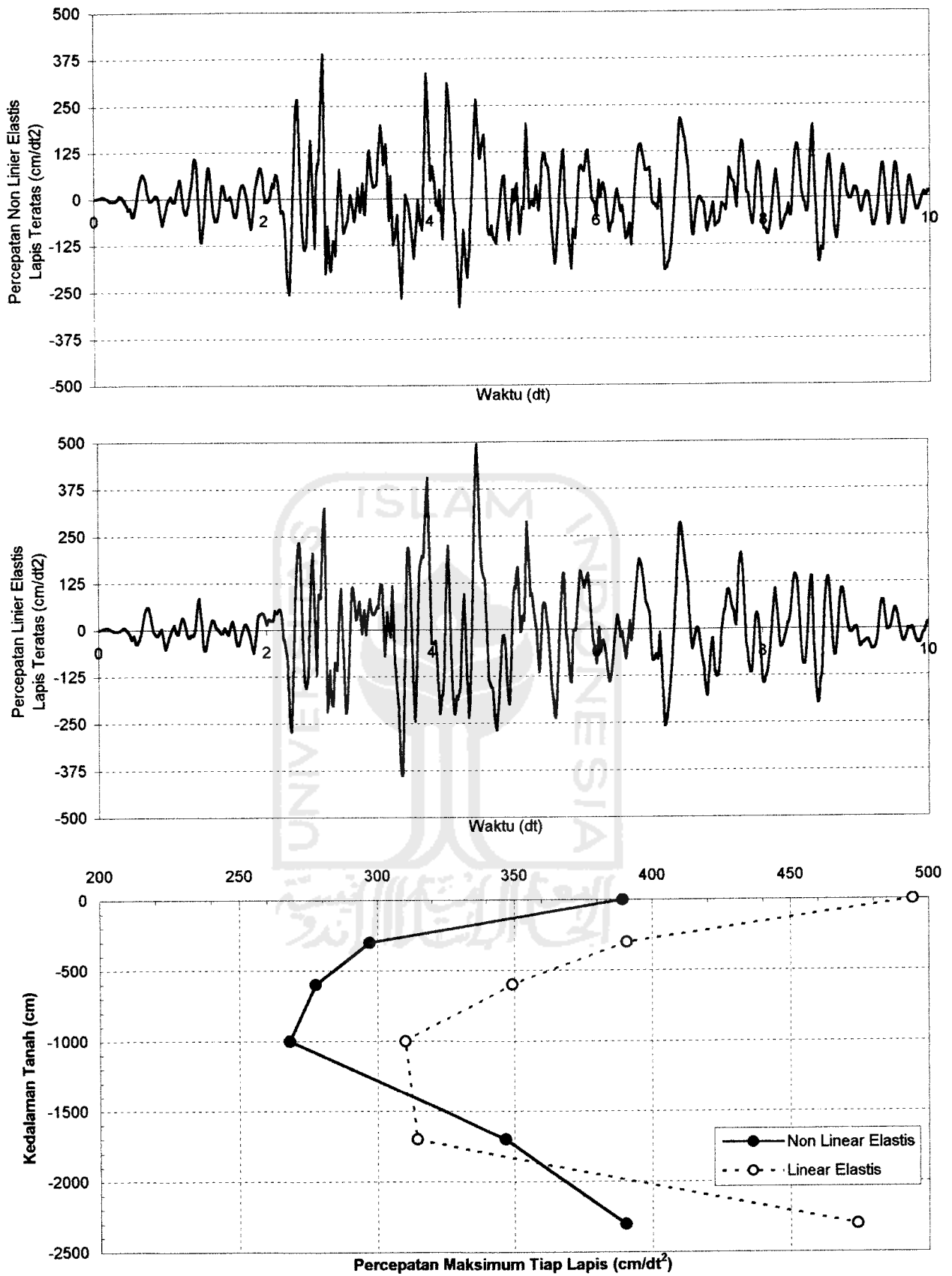


**Gambar 6.26.** Amplifikasi Kecepatan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 60000 ton Pada Tanah Tawangsari II Akibat Beban Gempa Elcentro

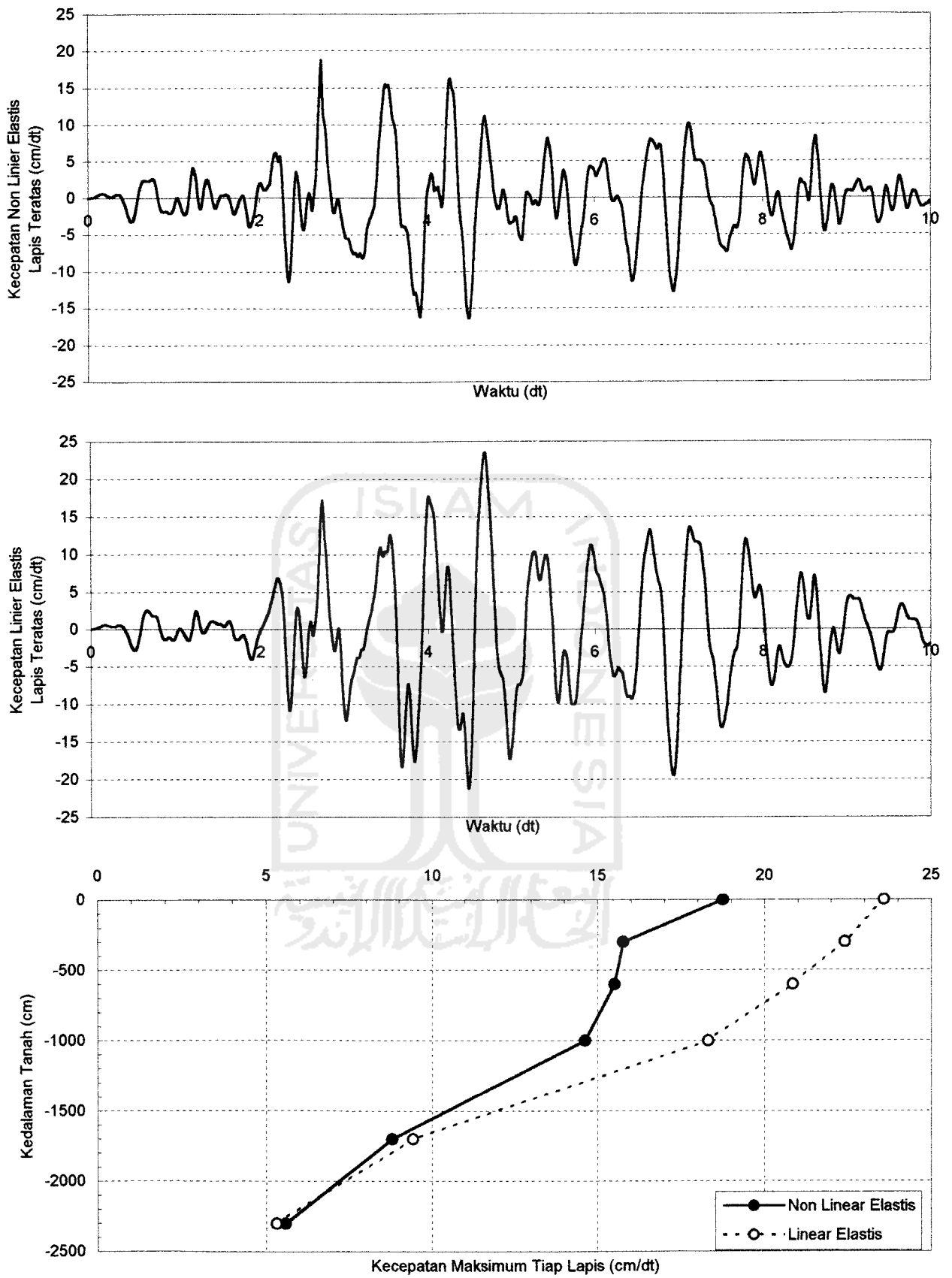




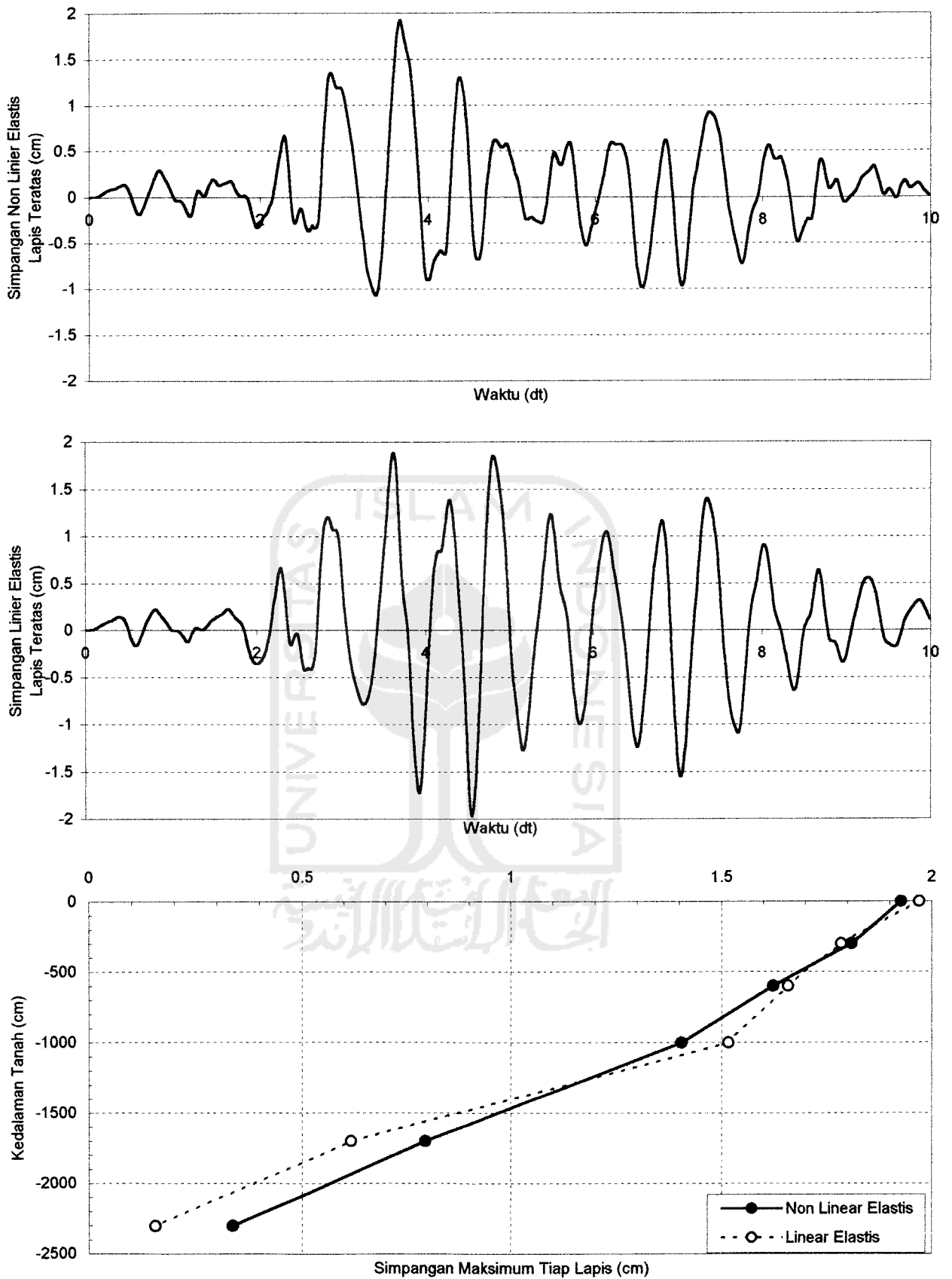
**Gambar 6.27.** Amplifikasi Simpangan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 60000 ton Pada Tanah Tawangsari II Akibat Beban Gempa Elcentro



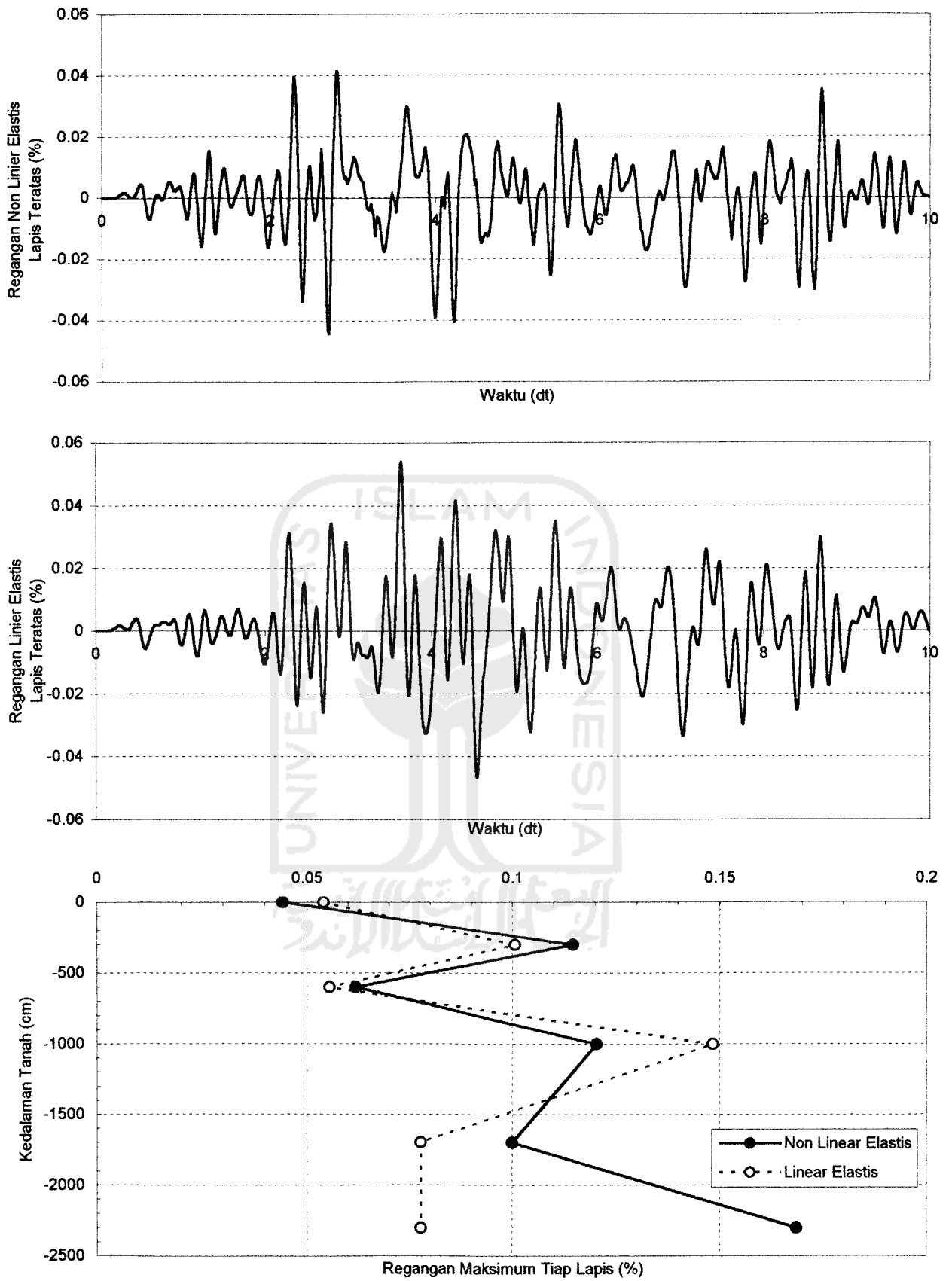
**Grafik 6.97.** Perbandingan Percepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Tanpa Massa Bangunan Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Koyna



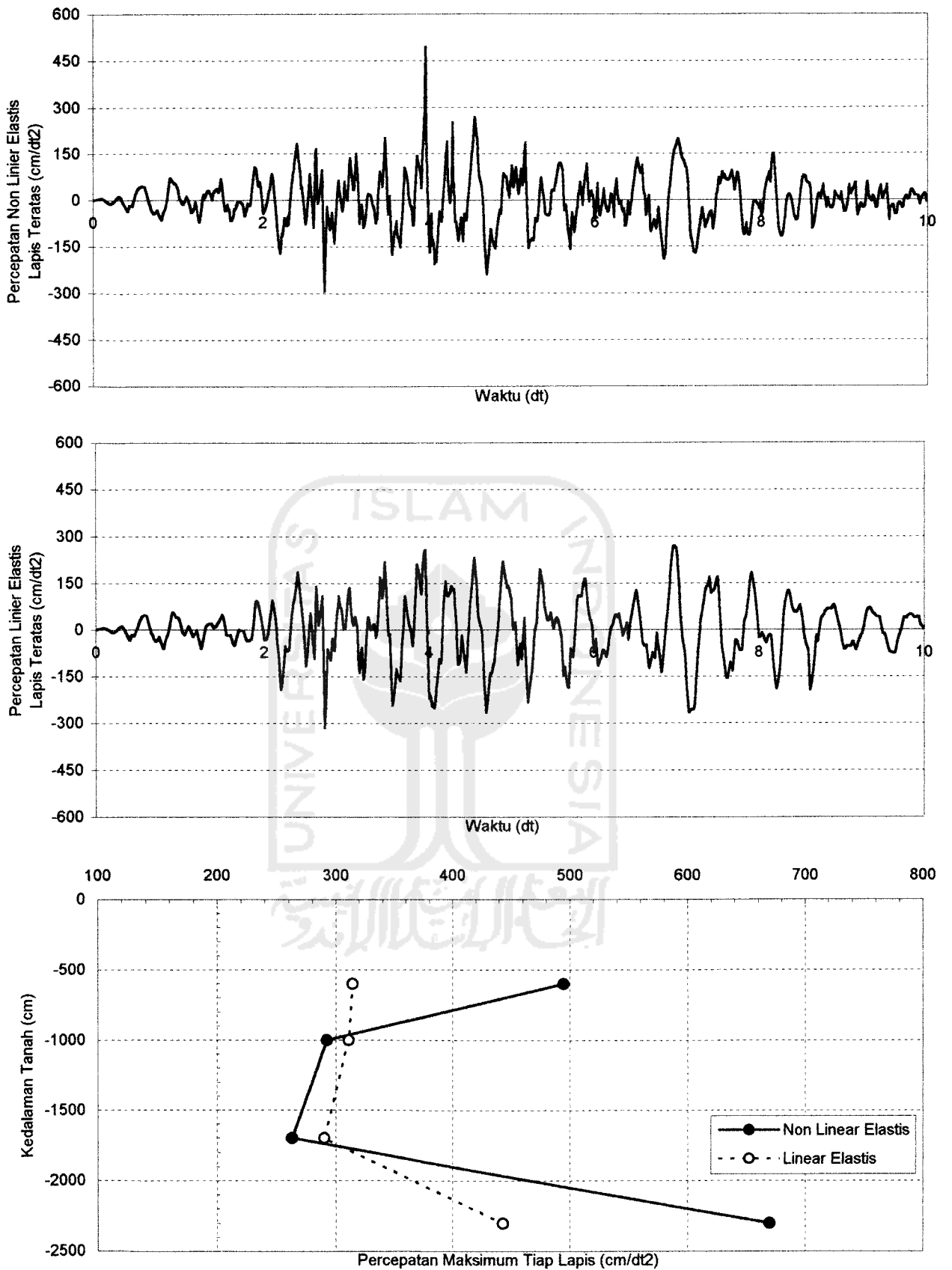
**Grafik 6.98.** Perbandingan Kecepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Tanpa Massa Bangunan Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Koyna



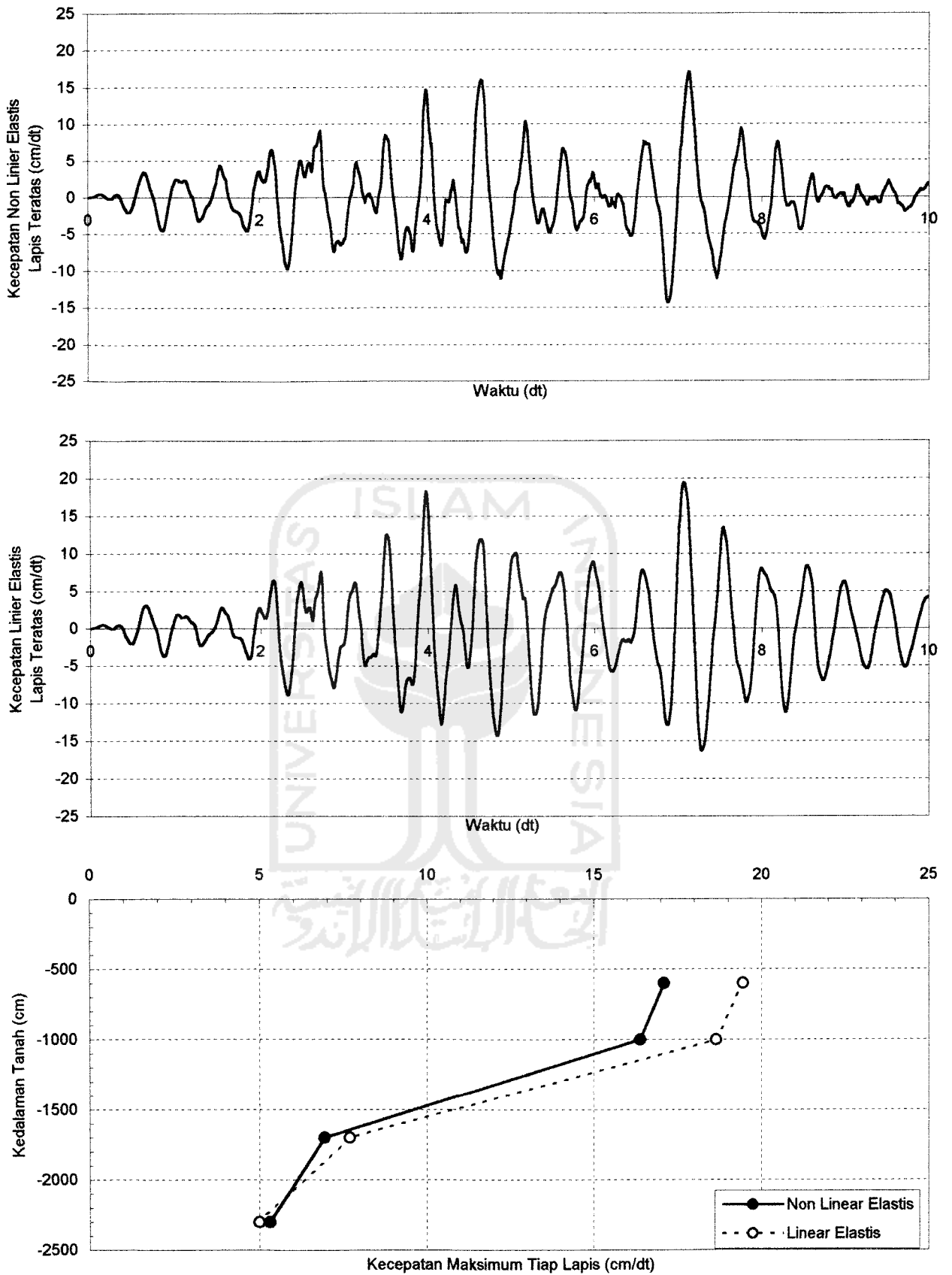
**Grafik 6.99.** Perbandingan Simpangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Tanpa Massa Bangunan Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Koyna



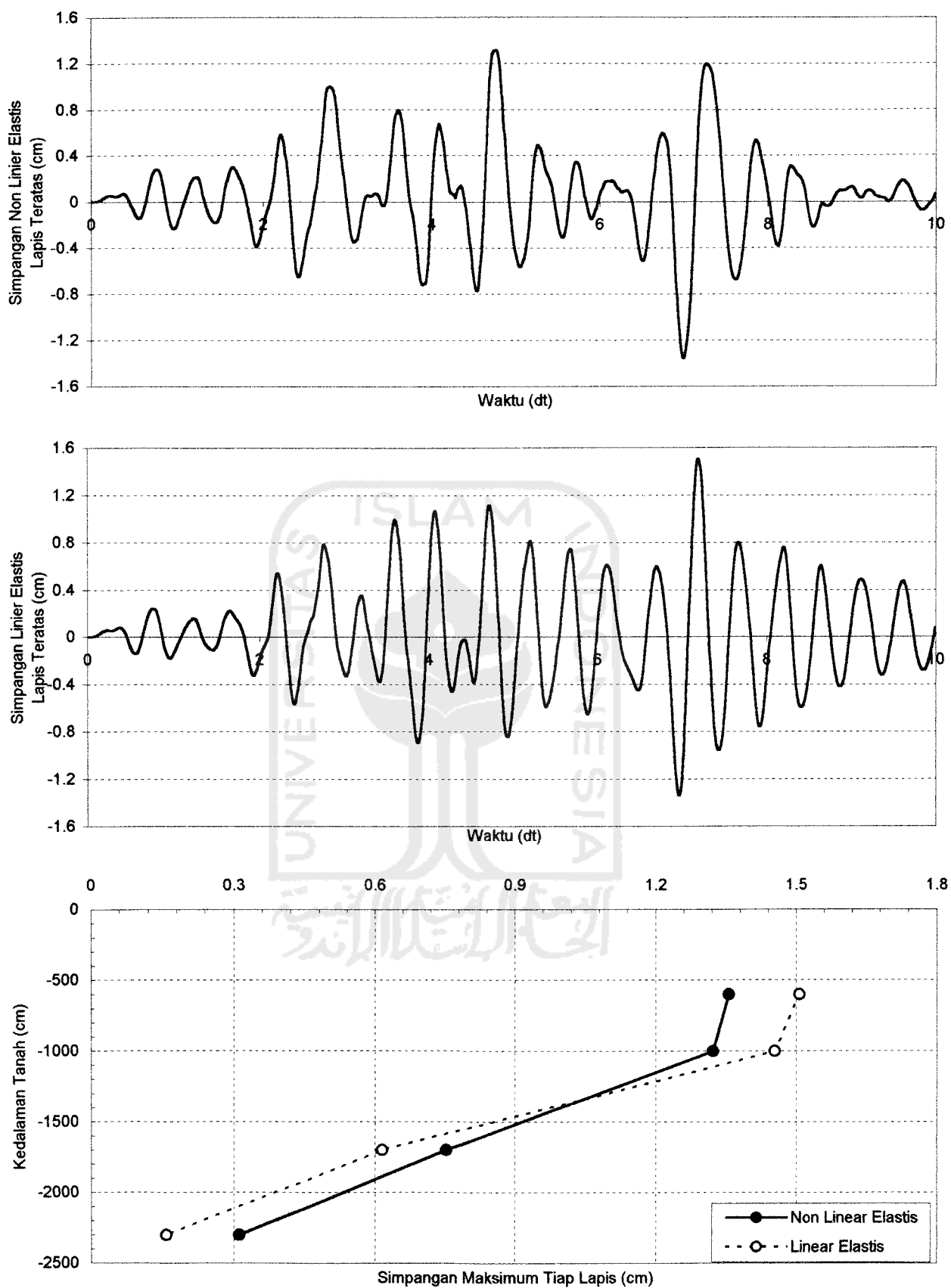
**Grafik 6.100.** Perbandingan Regangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Tanpa Massa Bangunan Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Koyna



**Grafik 6.101.** Perbandingan Percepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Koyna

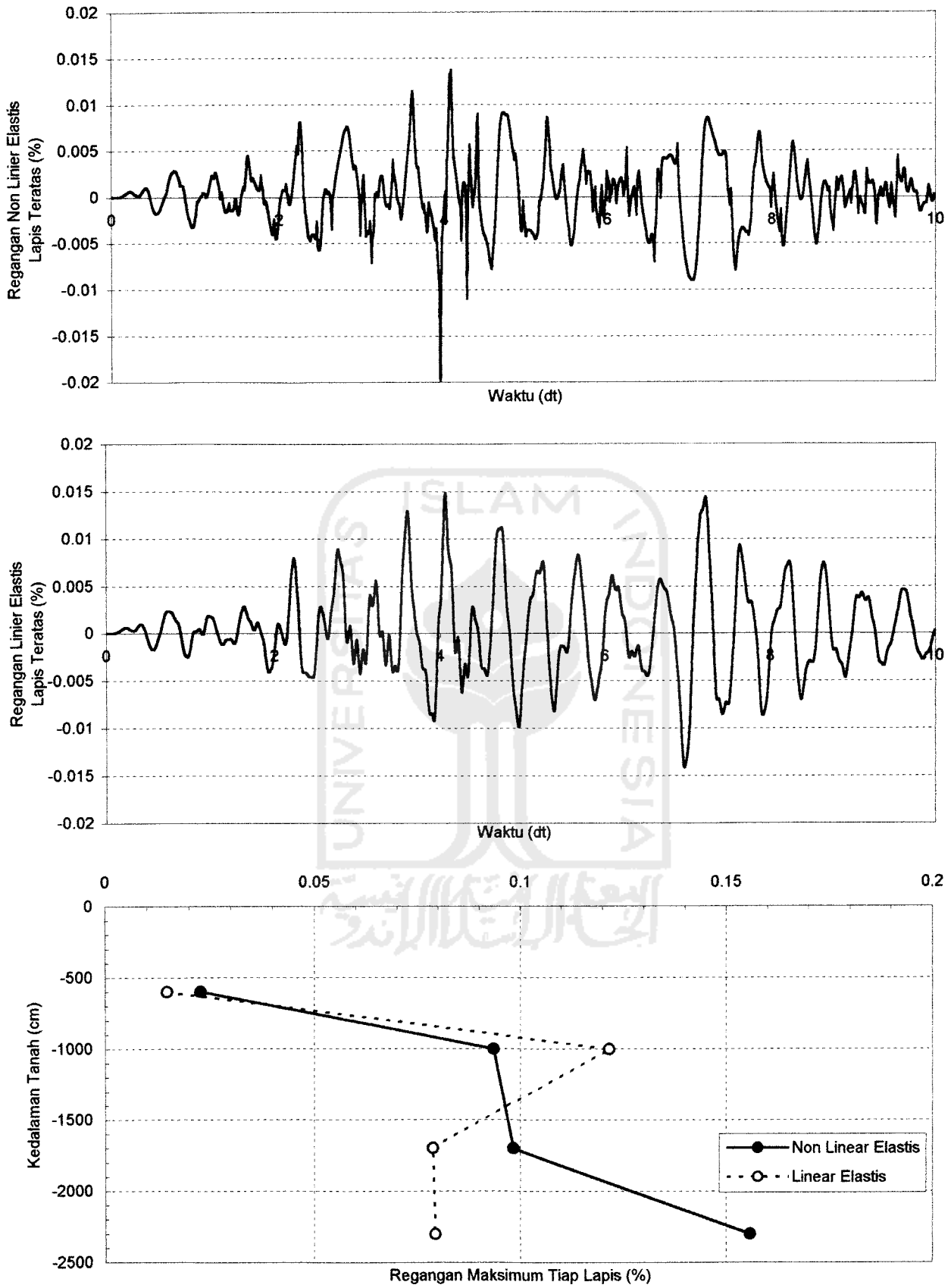


**Grafik 6.102.** Perbandingan Kecepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Koyna

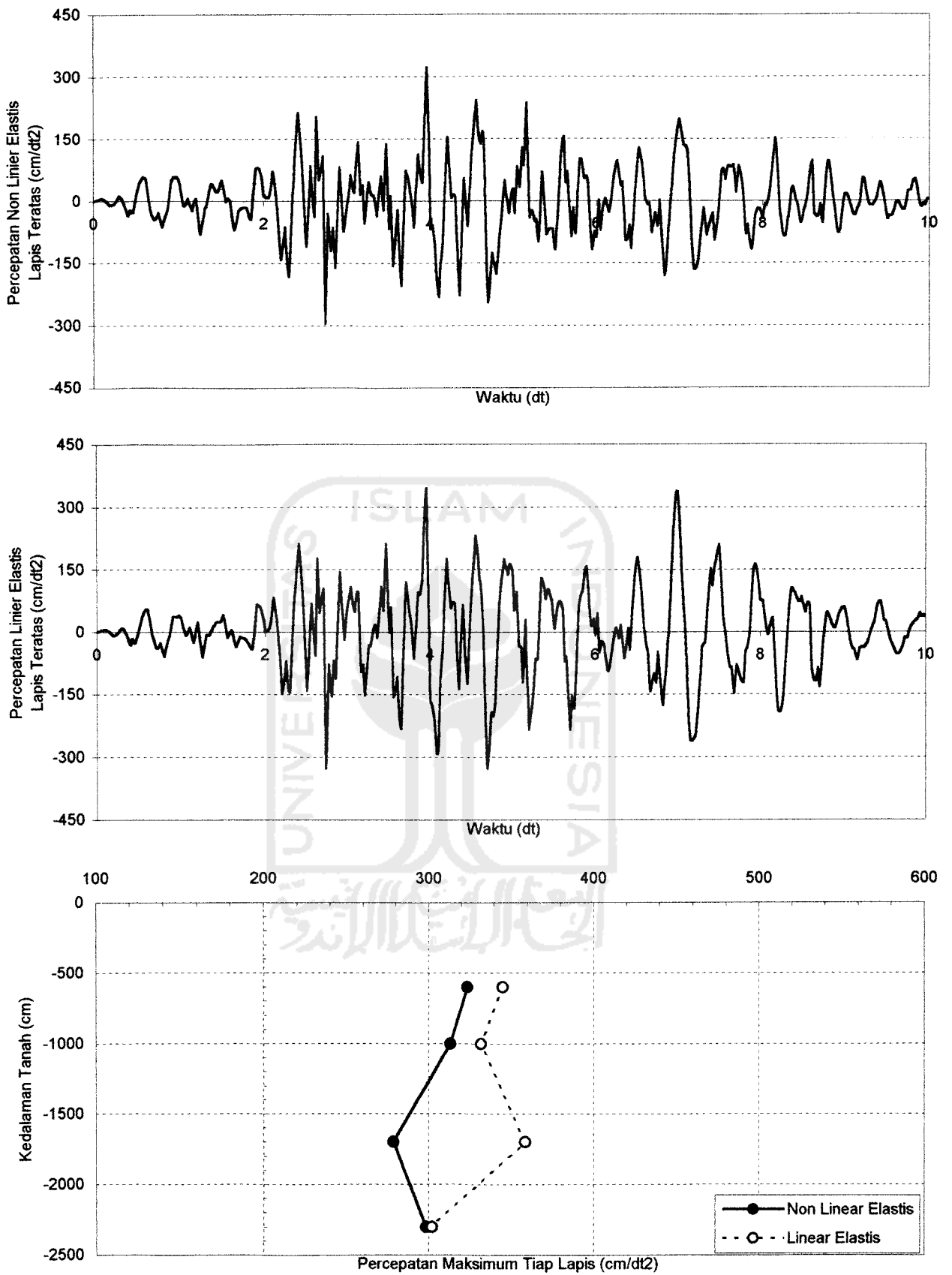


**Grafik 6.103.** Perbandingan Simpangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Koyna

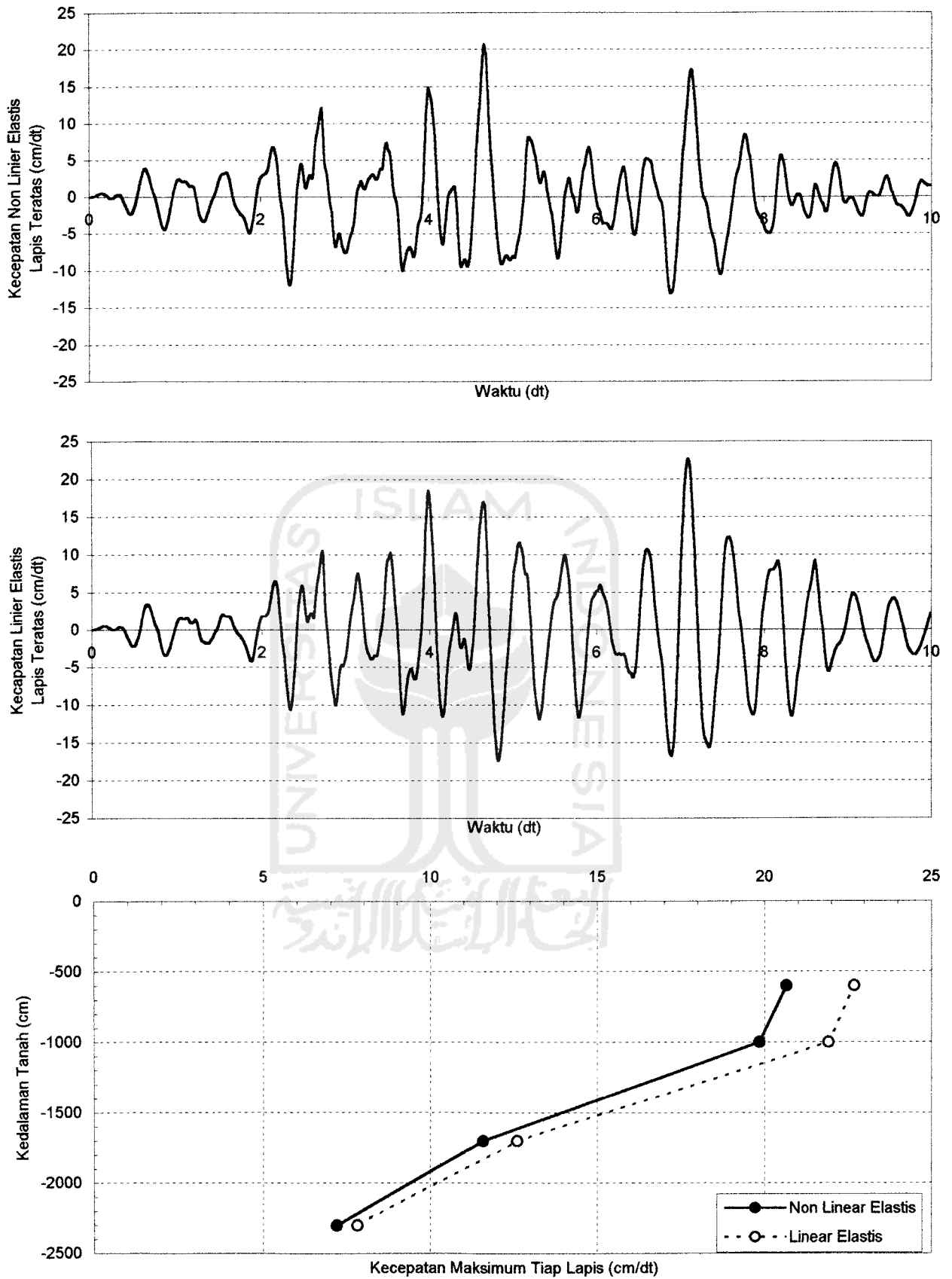




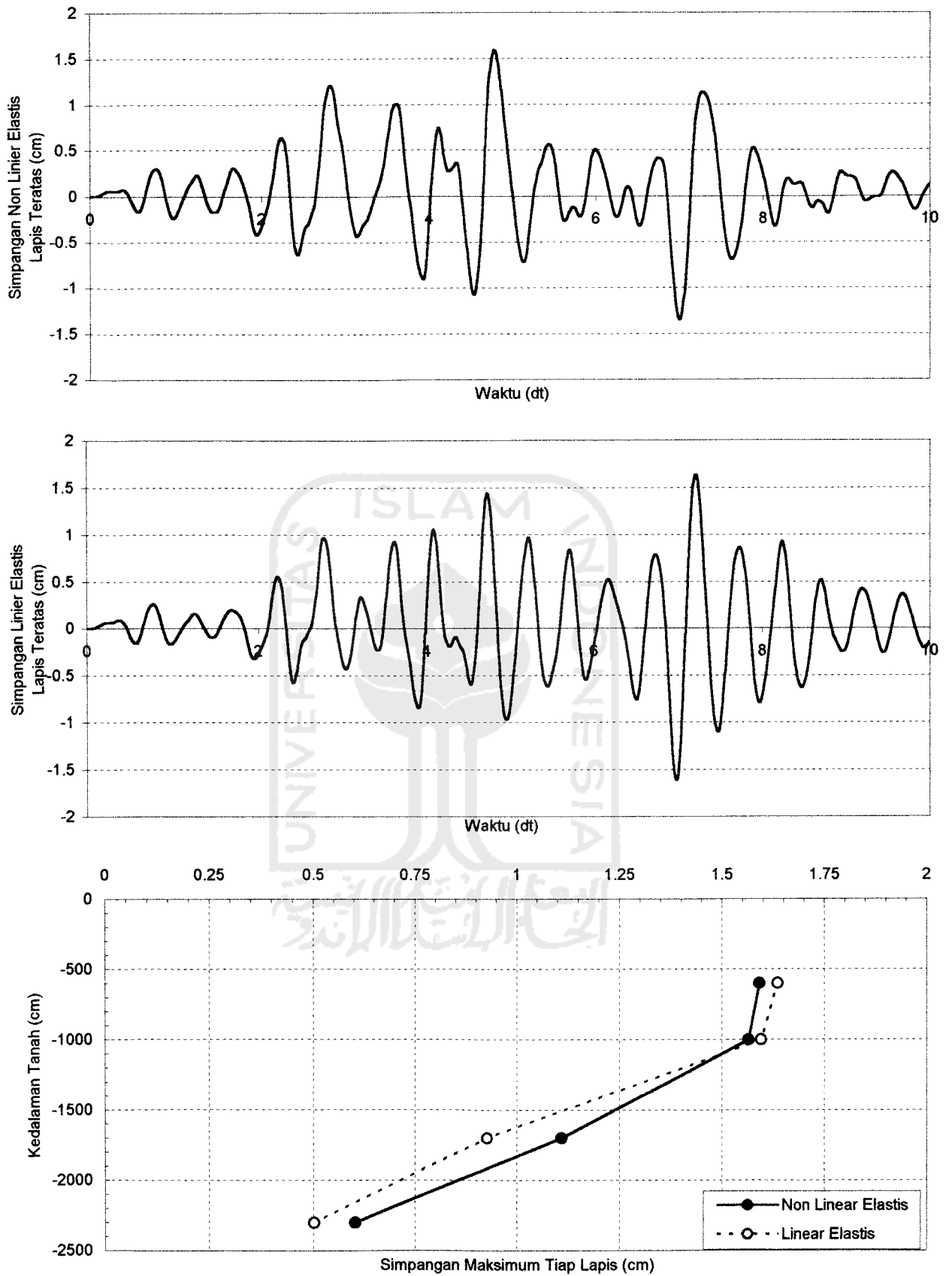
**Grafik 6.104.** Perbandingan Regangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Koyna



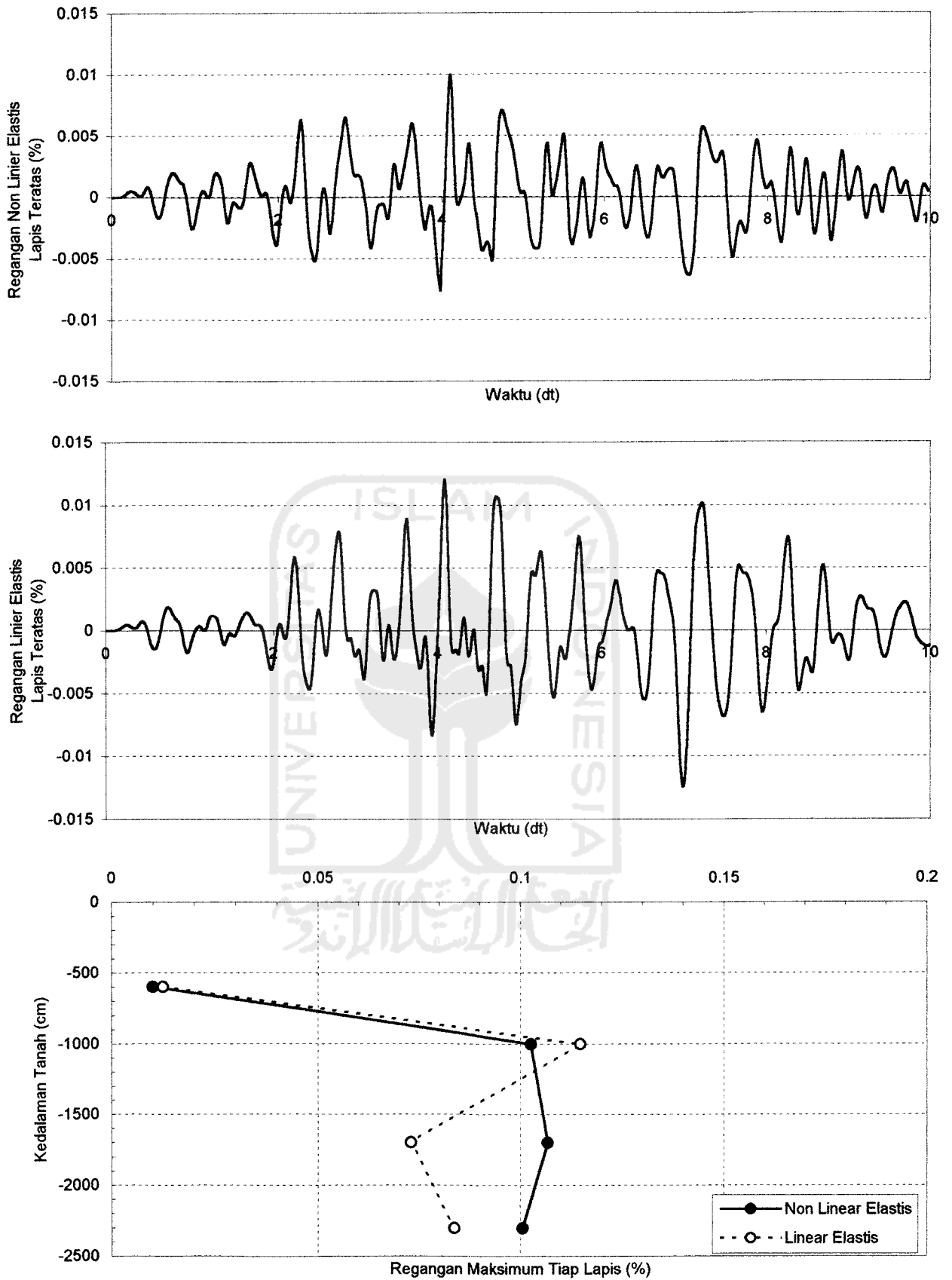
**Grafik 6.105.** Perbandingan Percepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Koyna



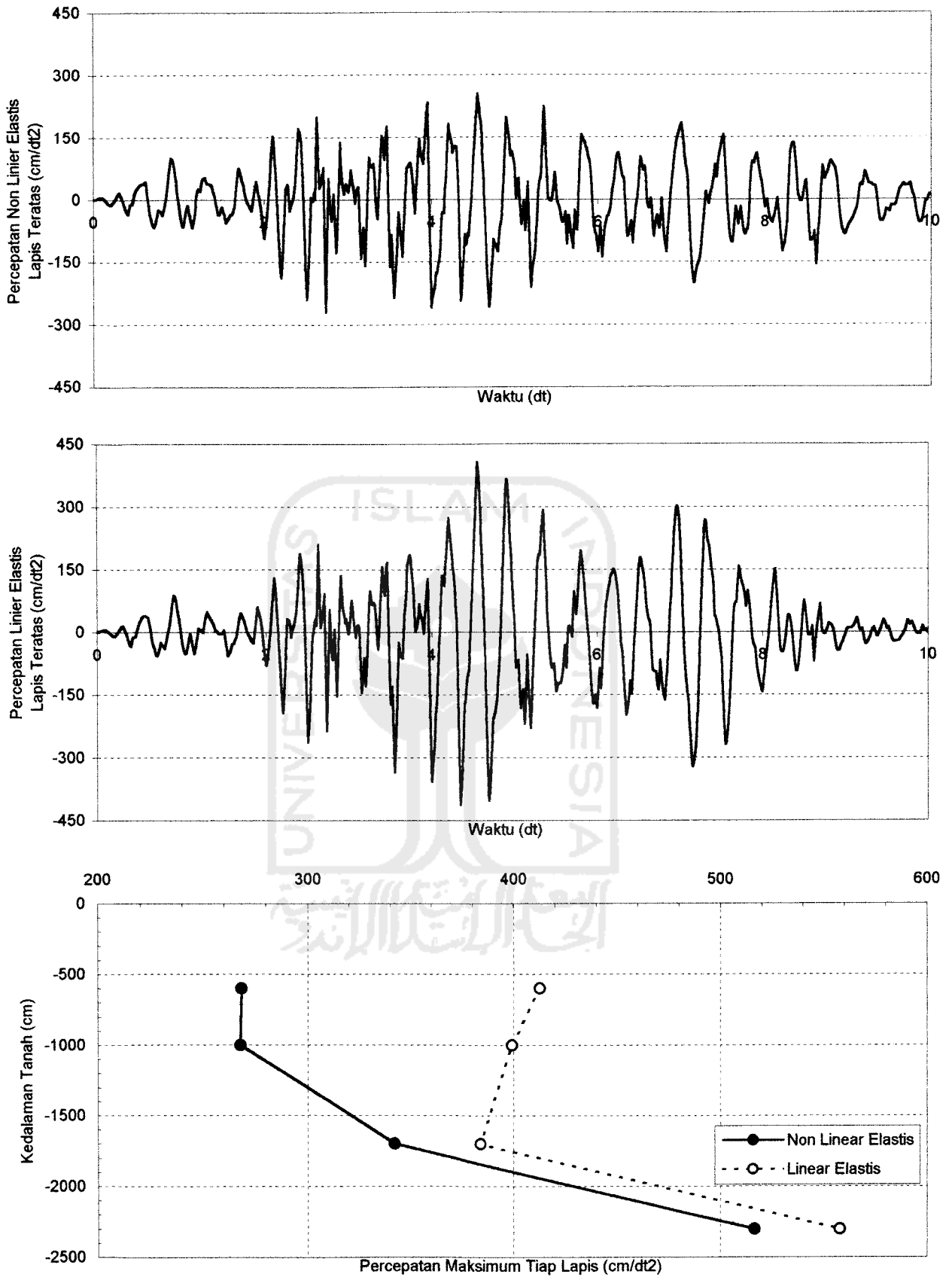
**Grafik 6.106.** Perbandingan Kecepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Koyna



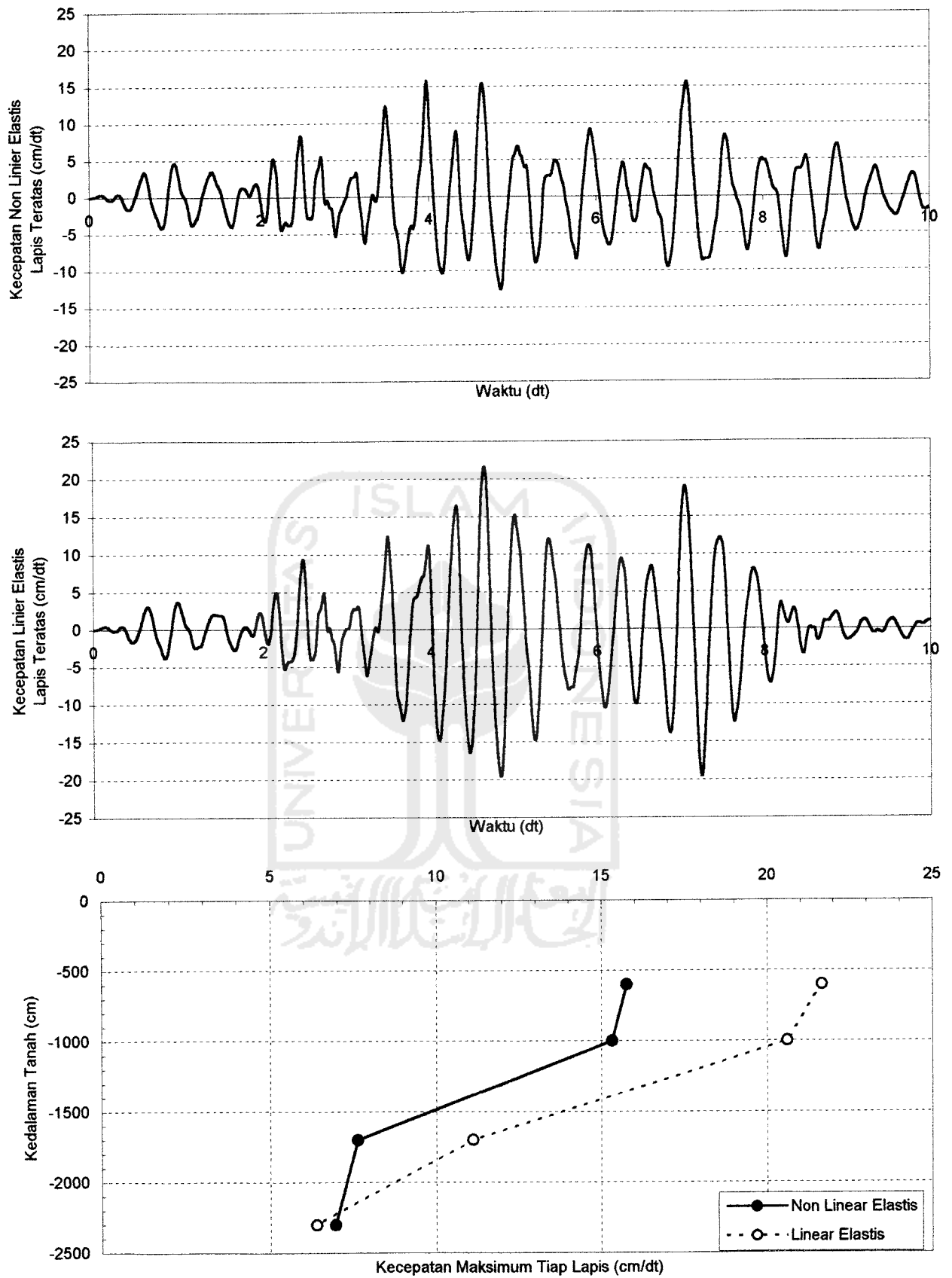
**Grafik 6.107.** Perbandingan Simpangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Koyna



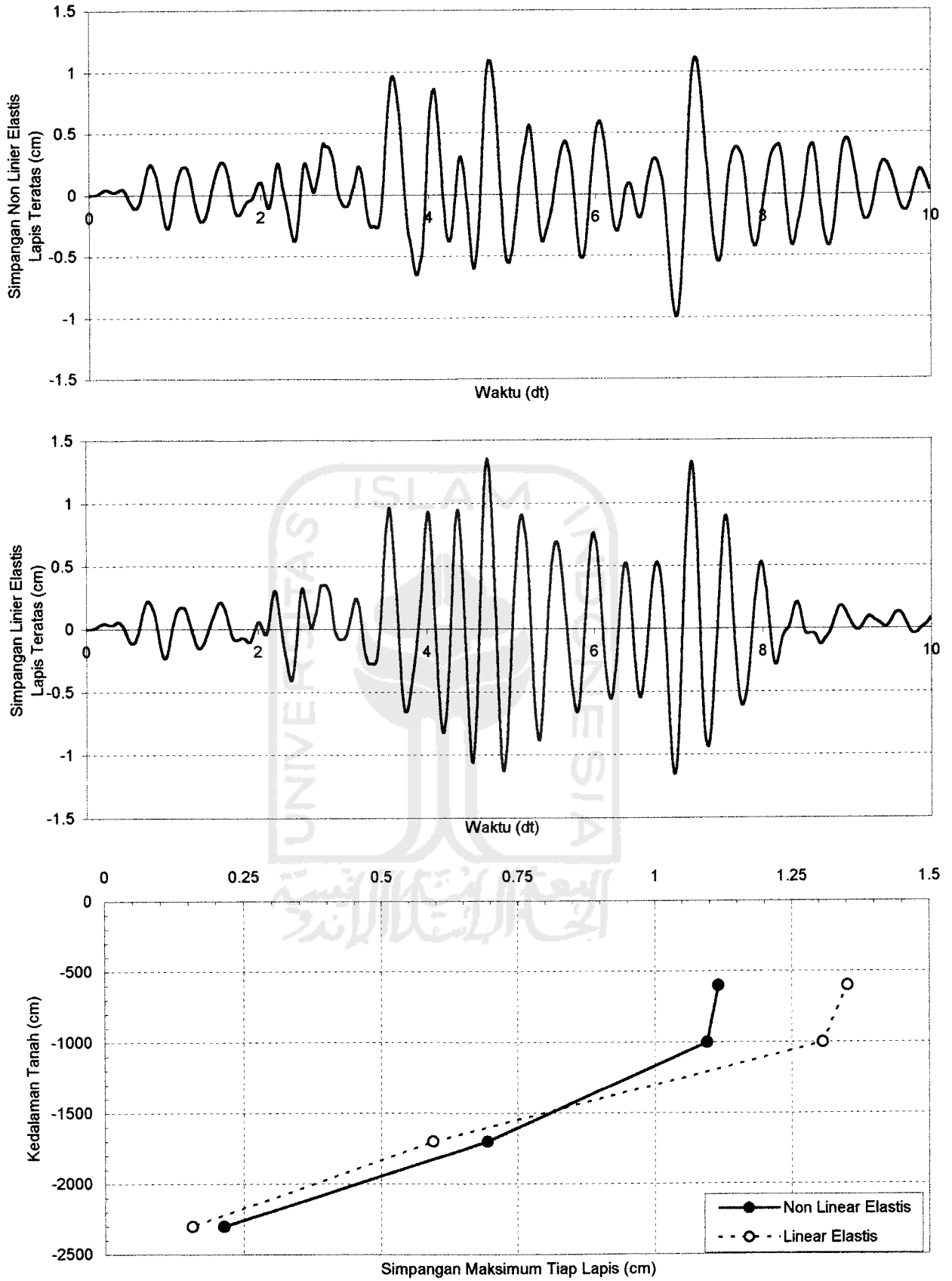
**Grafik 6.108.** Perbandingan Regangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Koyna



**Grafik 6.109.** Perbandingan Percepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Koyna

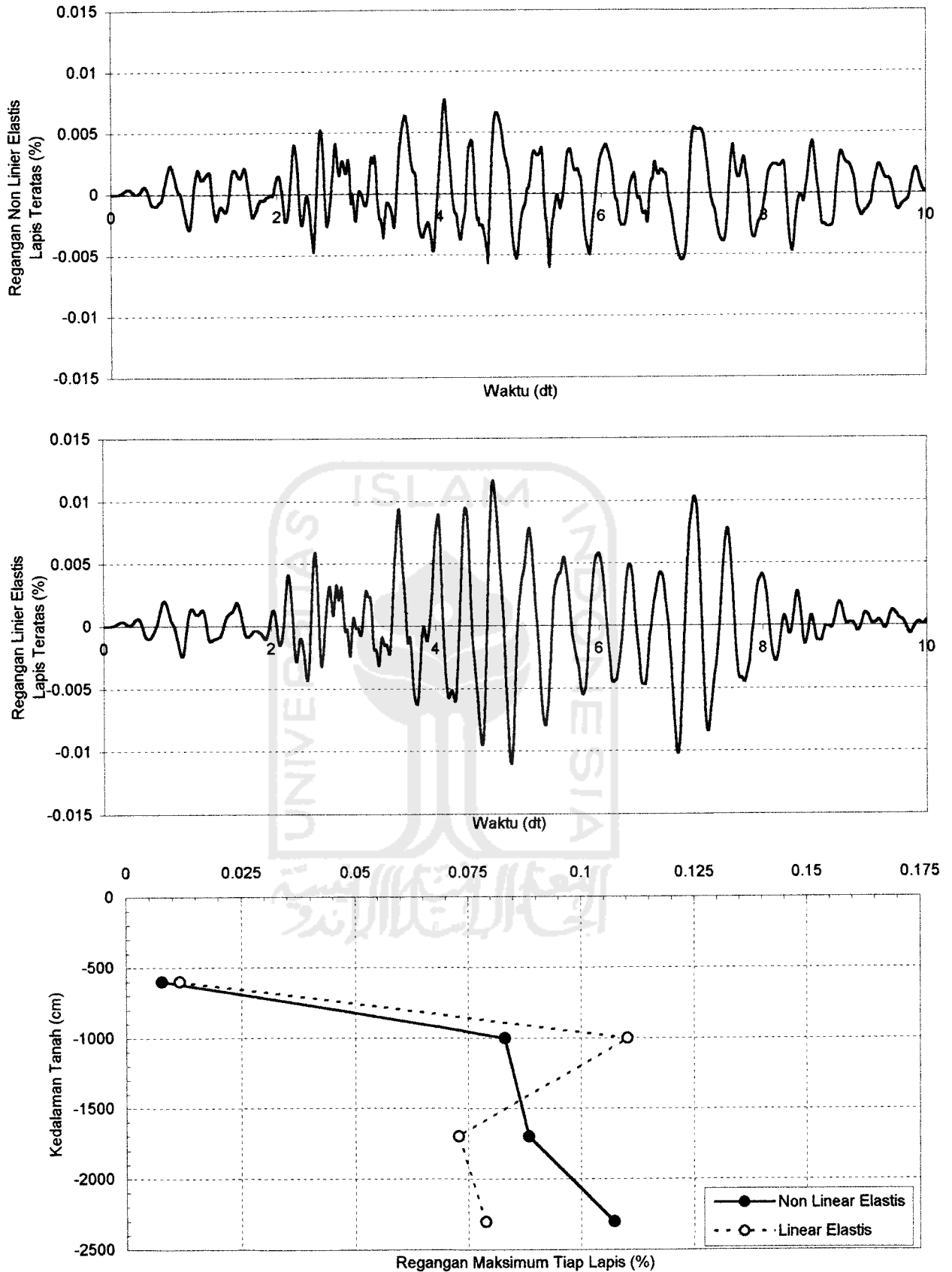


**Grafik 6.110.** Perbandingan Kecepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawangsari II Sukoharjo Akibat Gempa Koyna



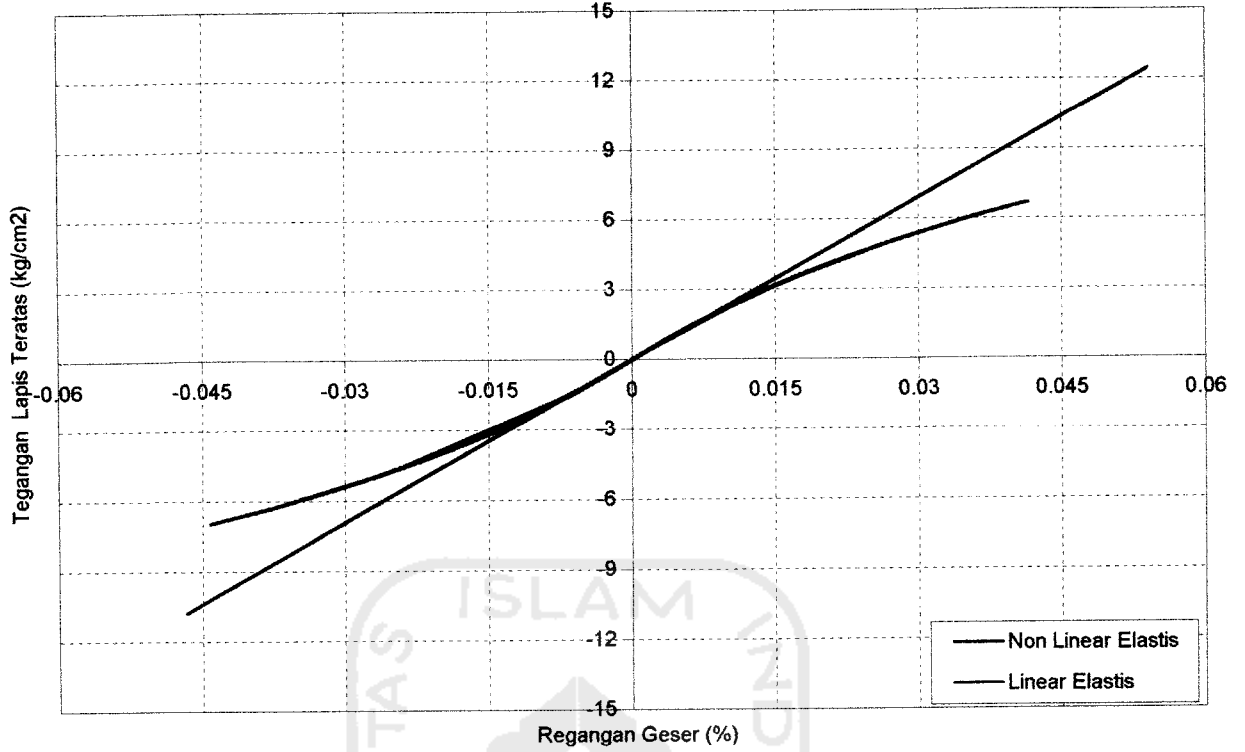
**Grafik 6.111.** Perbandingan Simpangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawangarsi II Sukoharjo Akibat Gempa Koyona



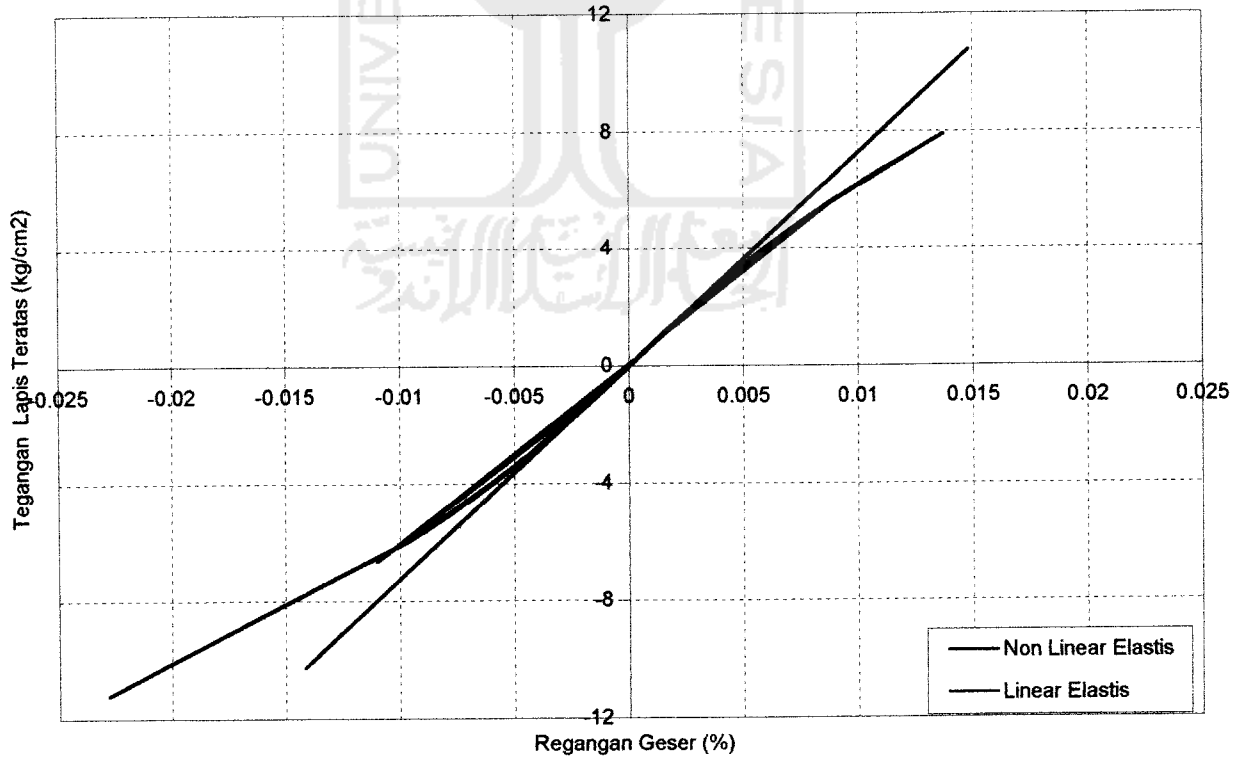


**Grafik 6.112.** Perbandingan Regangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Koyana

Grafik Regangan-Tegangan Tanpa Massa  
Tawang Sari II Sukoharjo

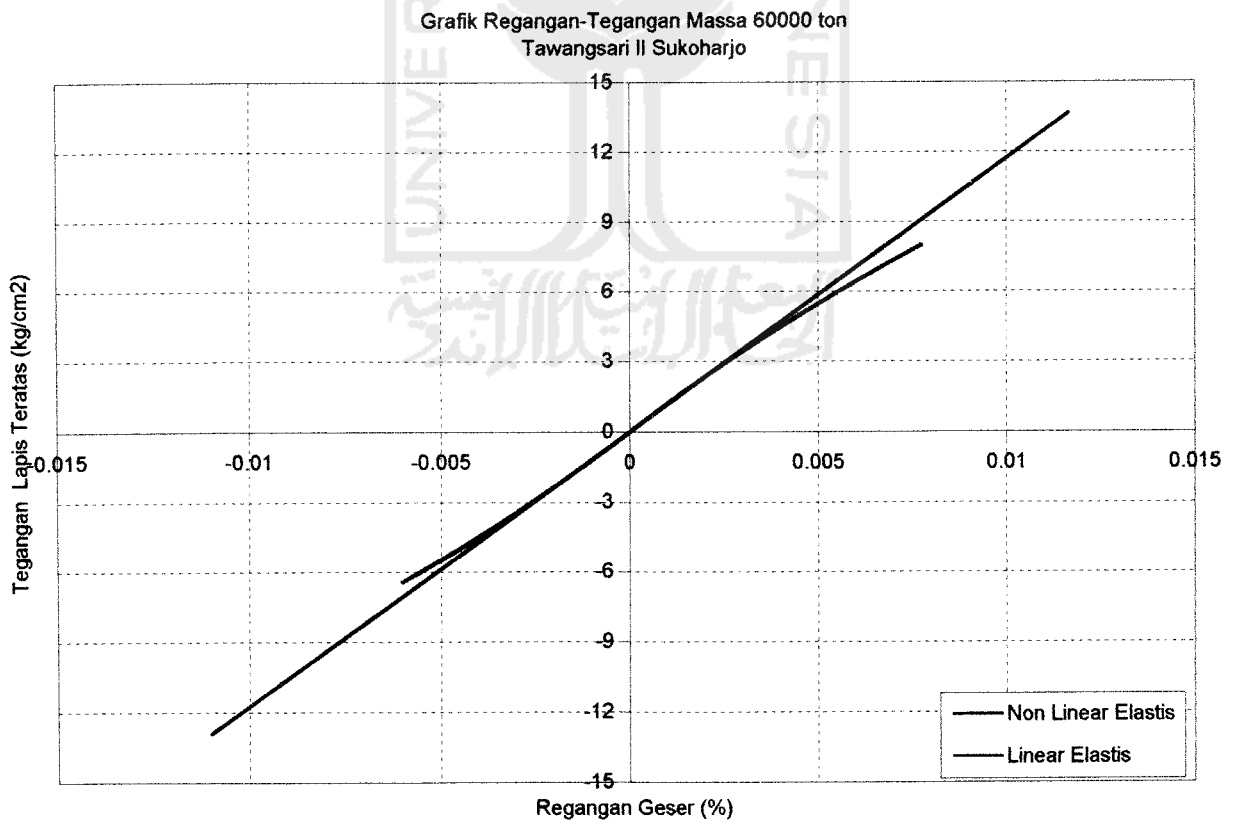
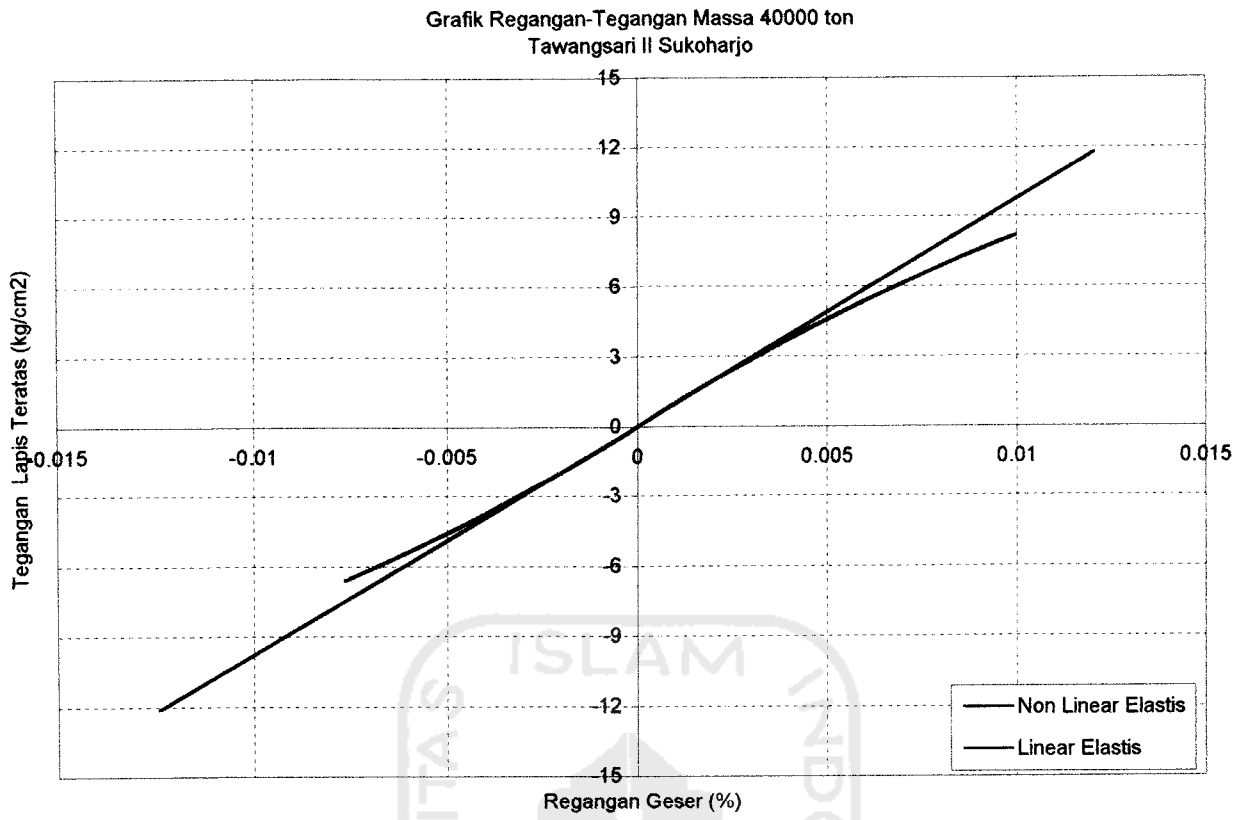


Grafik Regangan-Tegangan Massa 20000 ton  
Tawang Sari II Sukoharjo

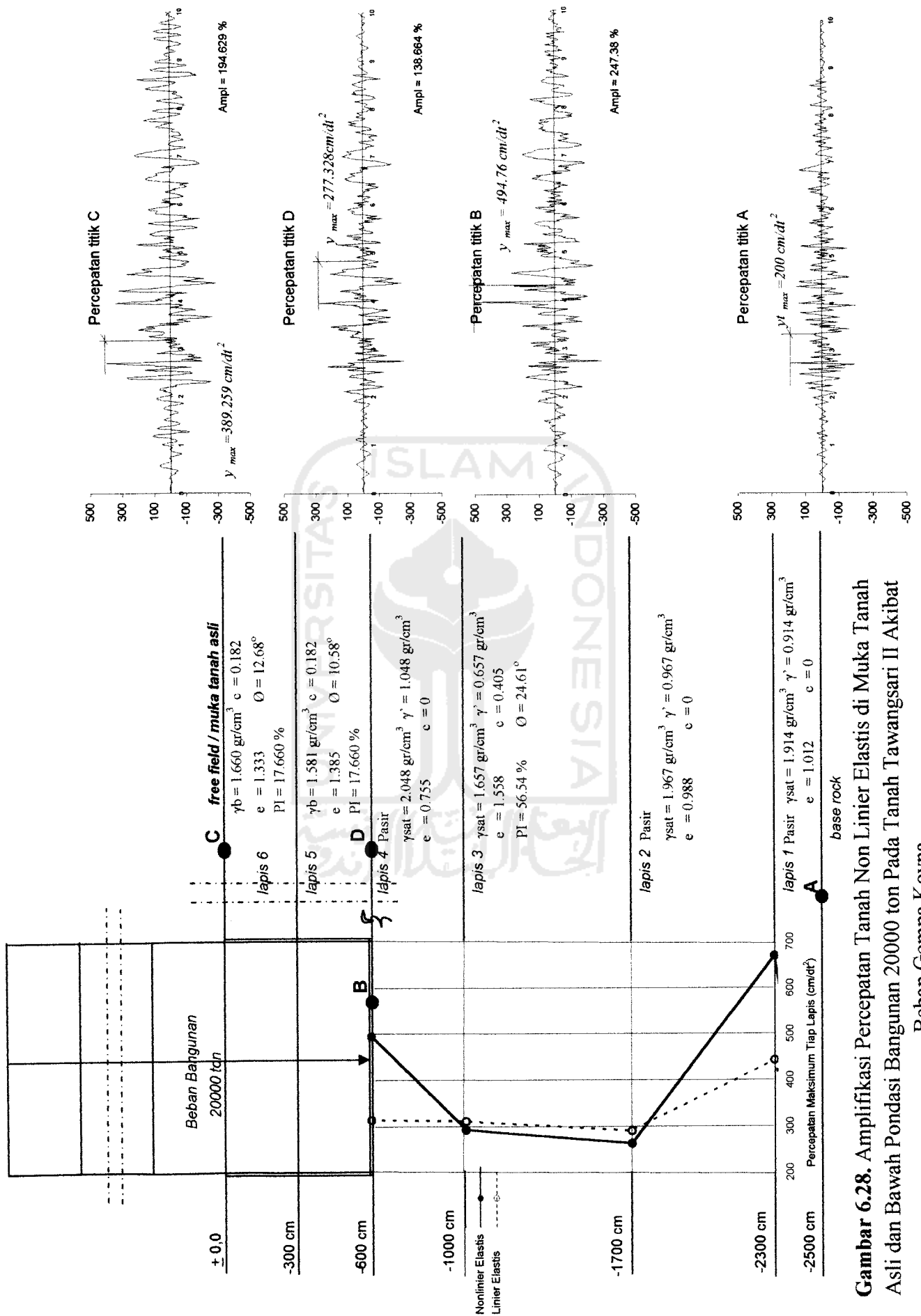


Grafik 6.113  
Dengan M

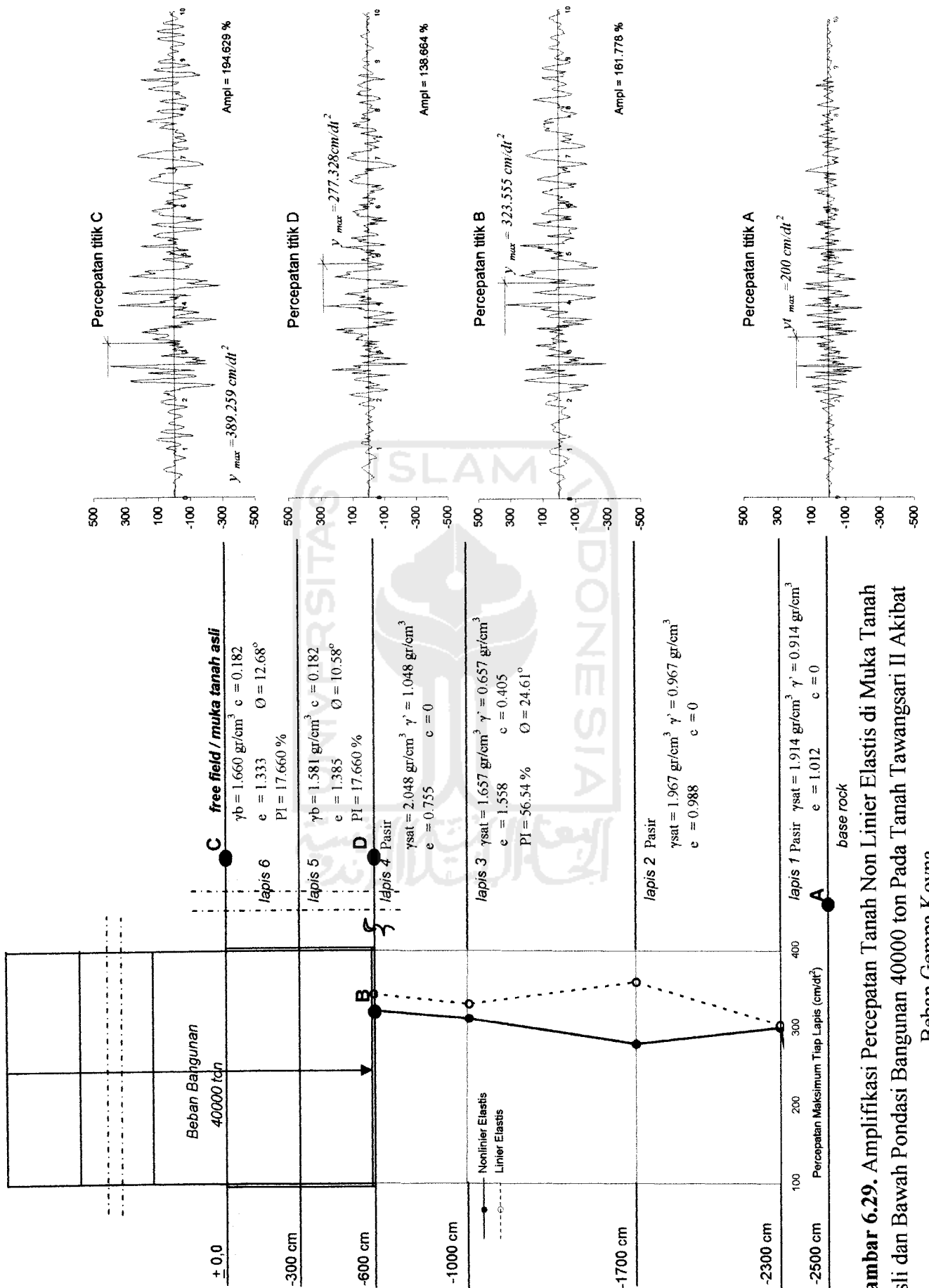
Grafik 6.113. Perbandingan Regangan-Tegangan Tanah Non Linier dan Linier Elastis Tanpa Massa dan Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Koyna



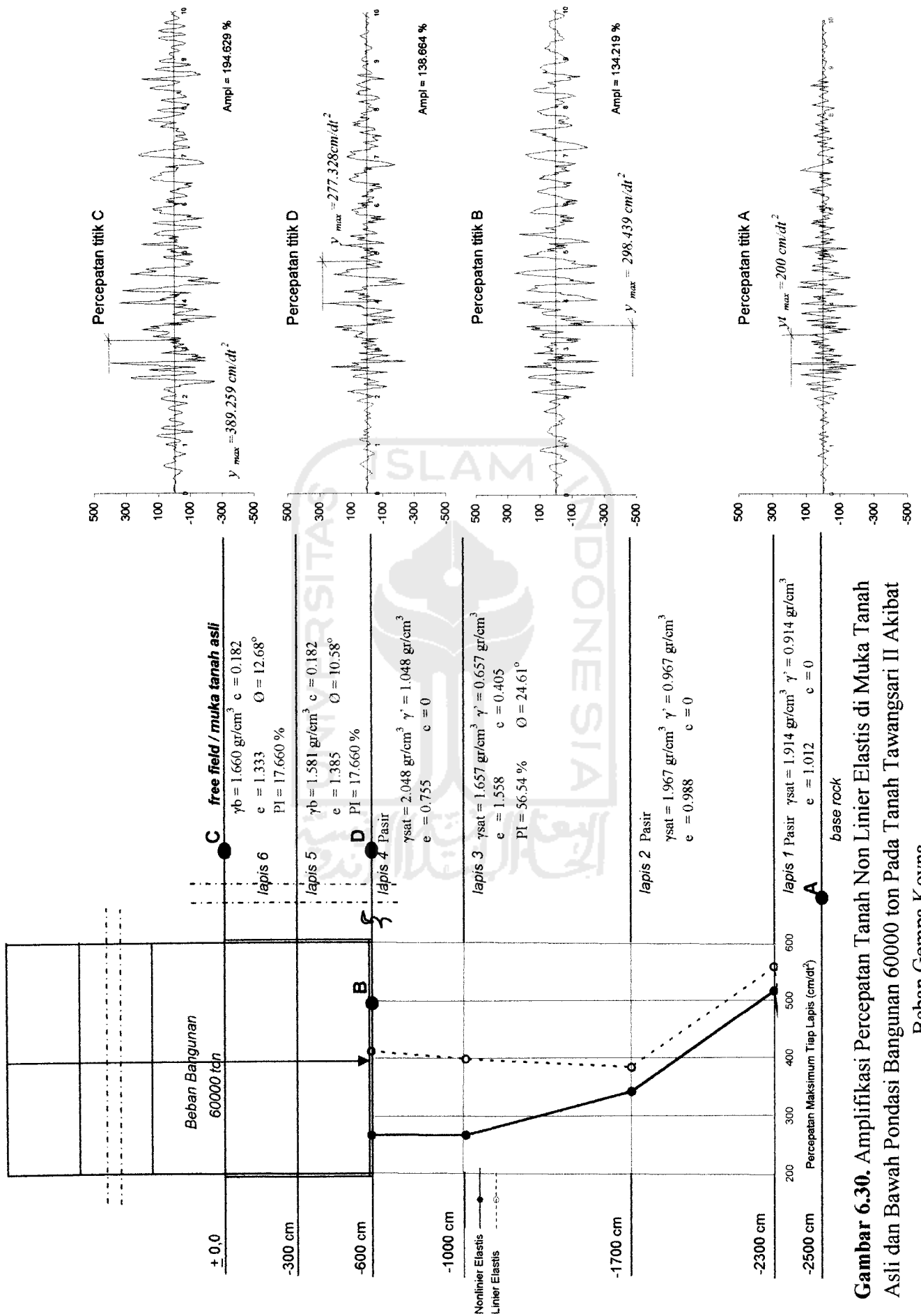
**Grafik 6.114.** Perbandingan Regangan-Tegangan Tanah Non Linier dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton dan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Tanah Tawangsari II Sukoharjo Akibat Gempa Koyna



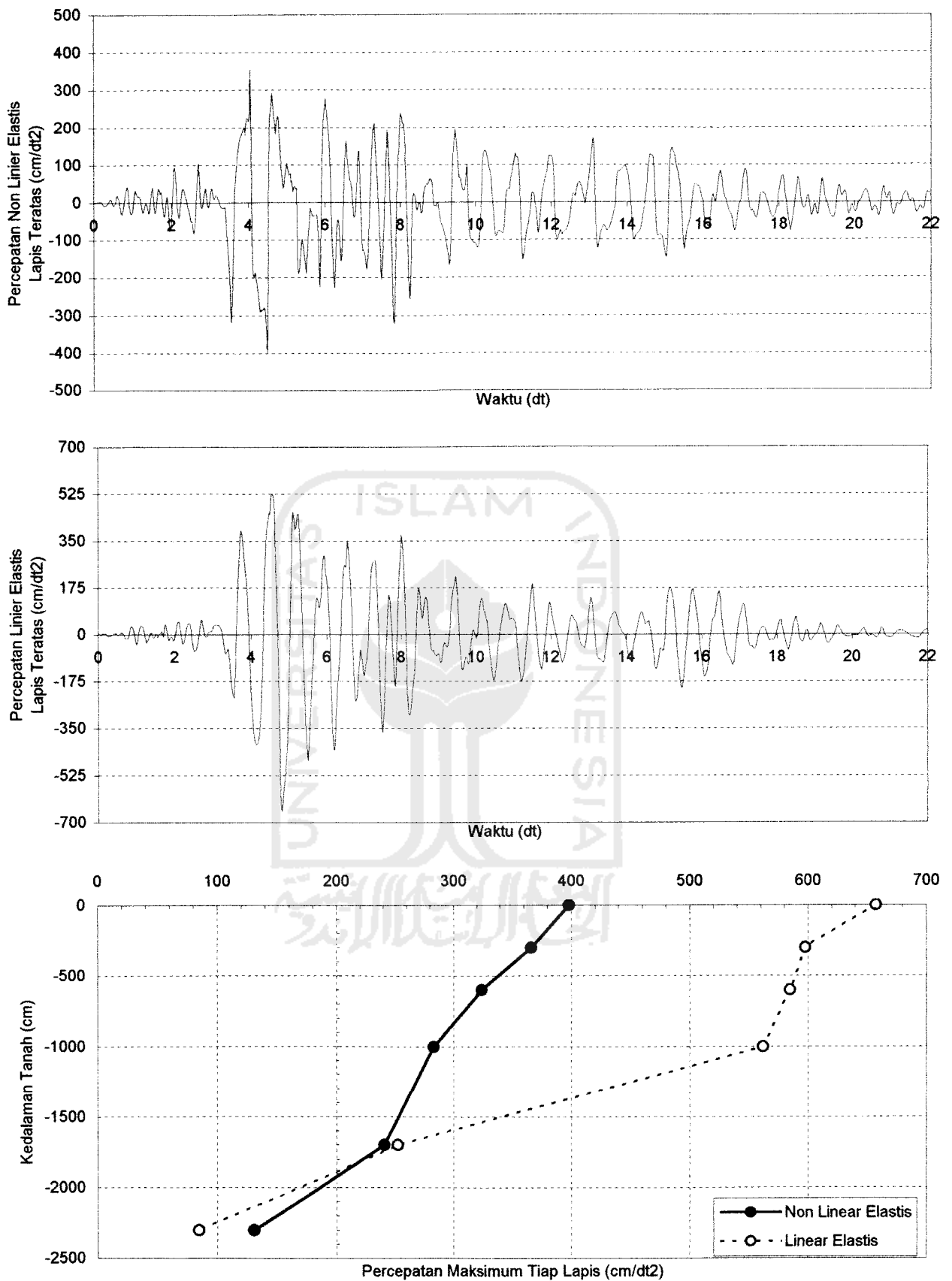
**Gambar 6.28.** Amplifikasi Percepatan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 20000 ton Pada Tanah Tawangsari II Akibat Beban Gempa Koyna



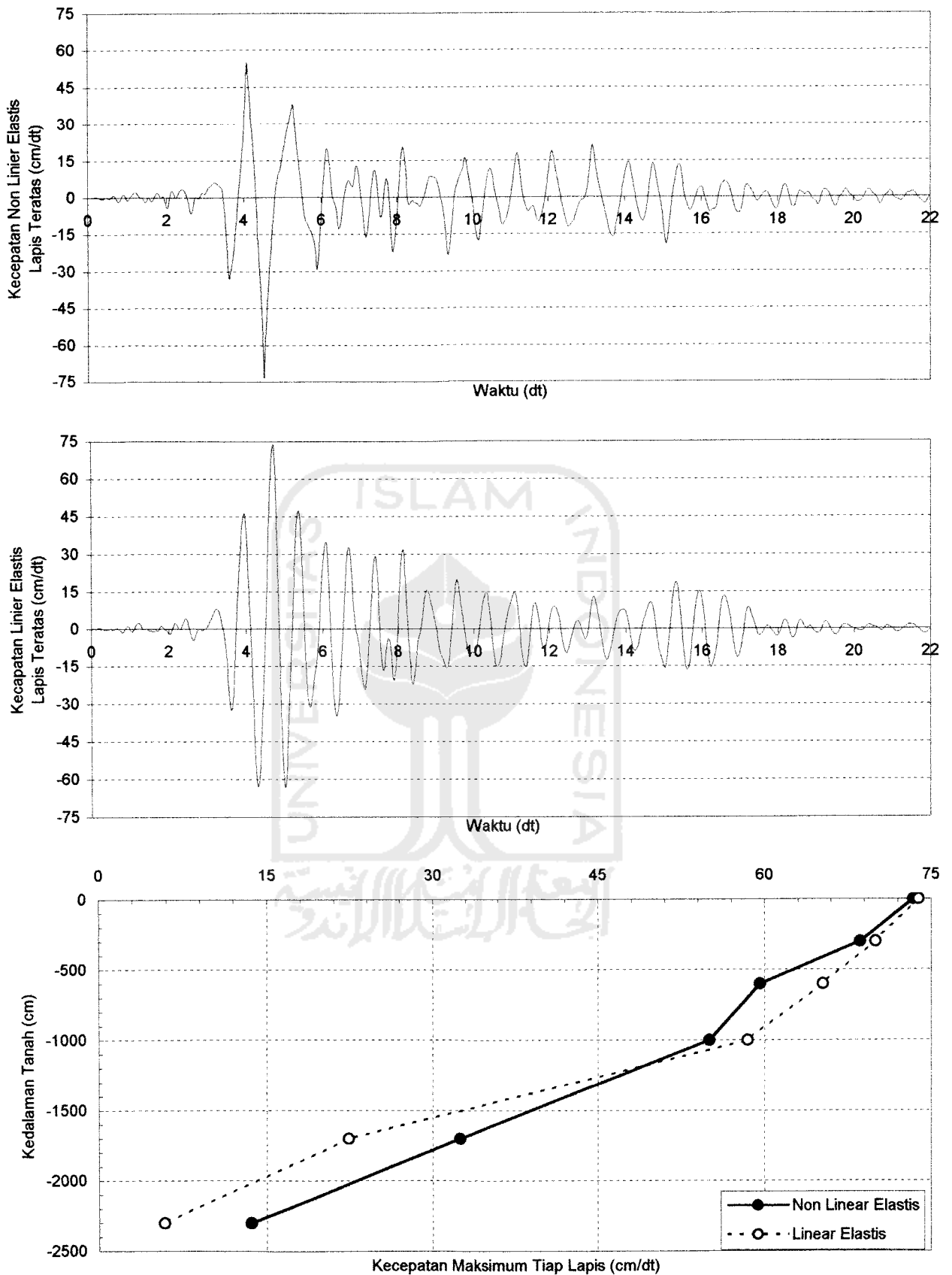
**Gambar 6.29.** Amplifikasi Percepatan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 40000 ton Pada Tanah Tawangsari II Akibat Beban Gempa Koyna



**Gambar 6.30.** Amplifikasi Percepatan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 60000 ton Pada Tanah Tawangsari II Akibat Beban Gempa Koyna

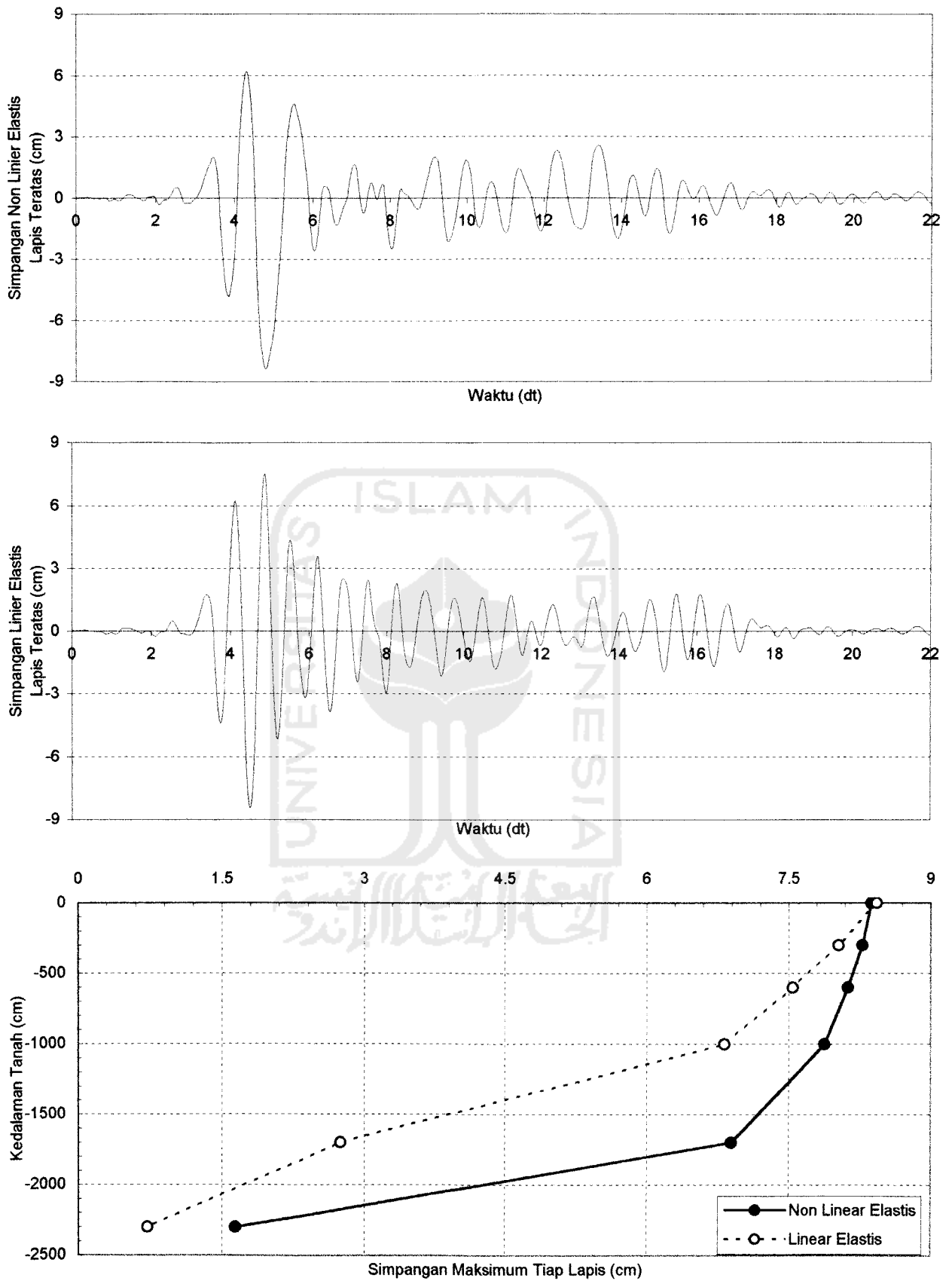


**Grafik 6.115.** Perbandingan Percepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Tanpa Massa Bangunan Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Kobe

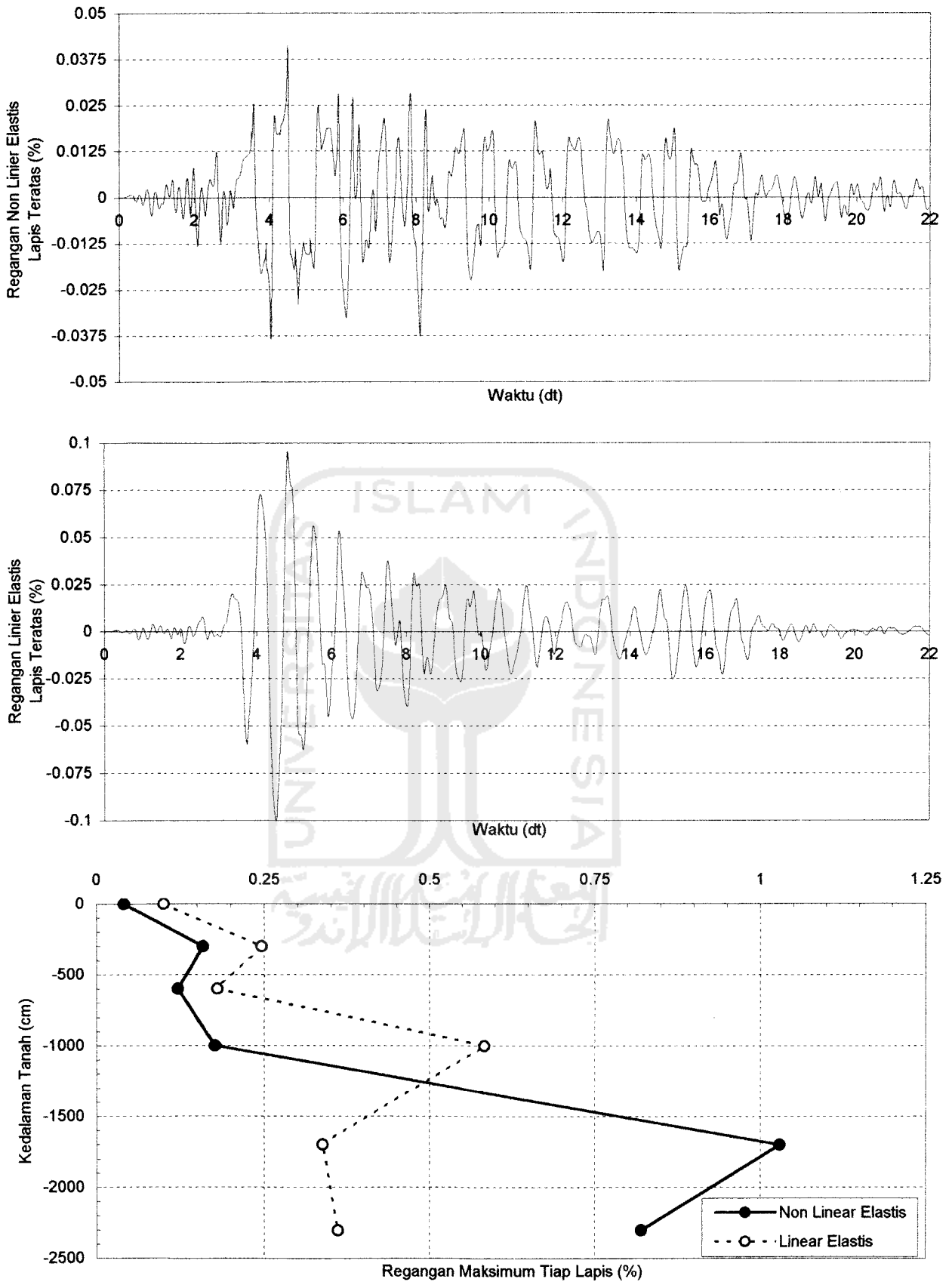


**Grafik 6.116.** Perbandingan Kecepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Tanpa Massa Bangunan Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Kobe

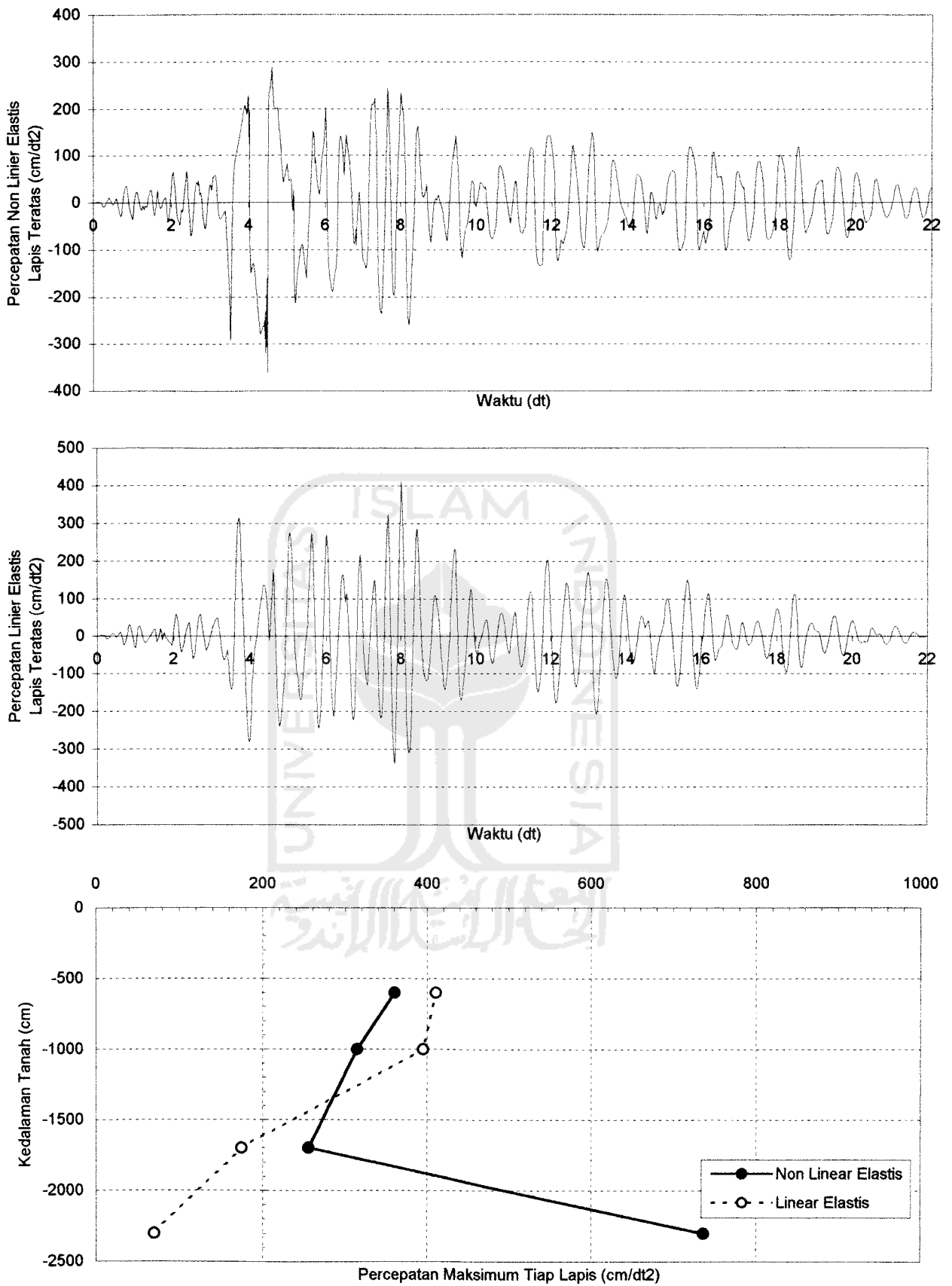




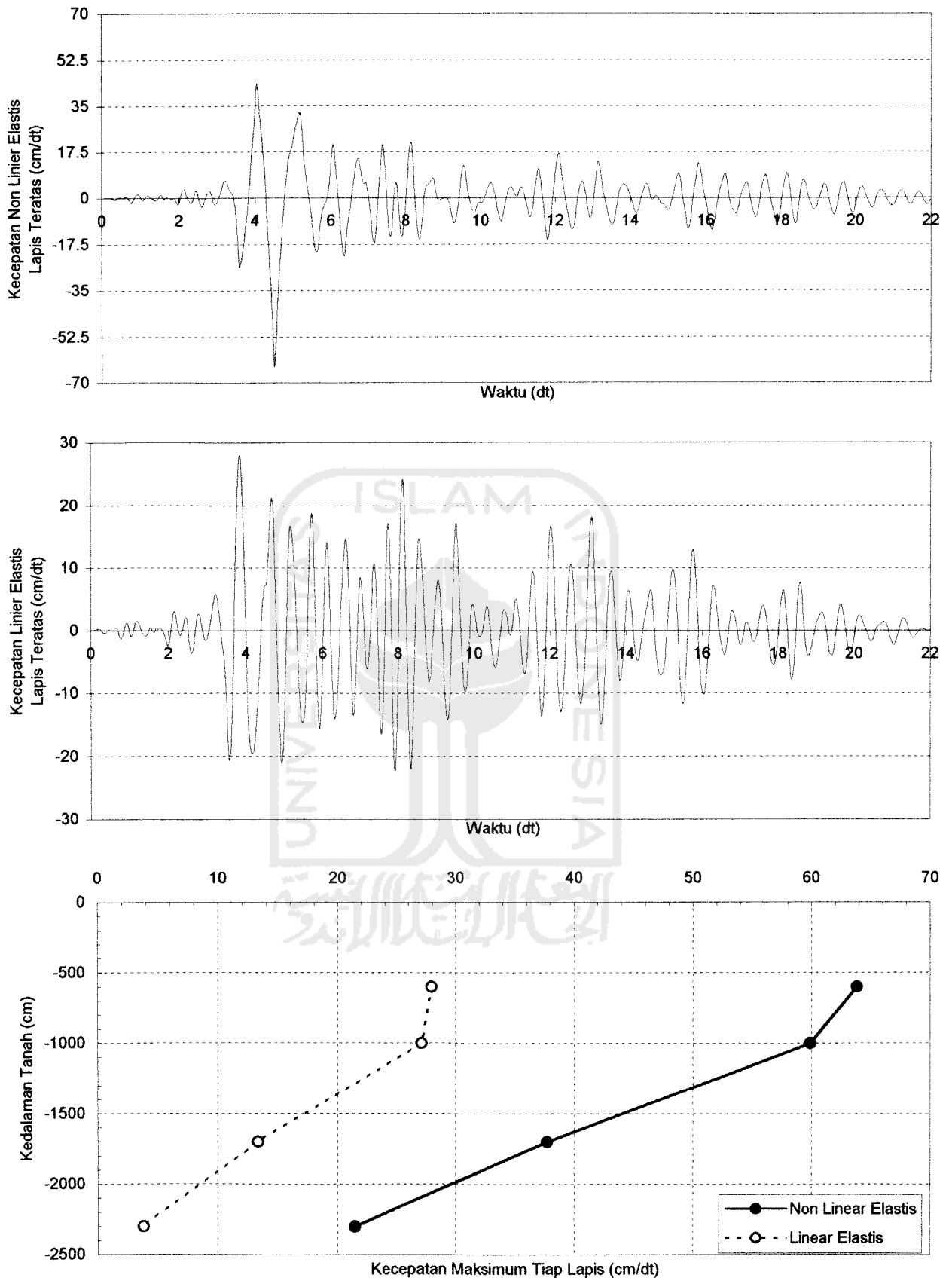
**Grafik 6.117.** Perbandingan Simpangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Tanpa Massa Bangunan Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Kobe



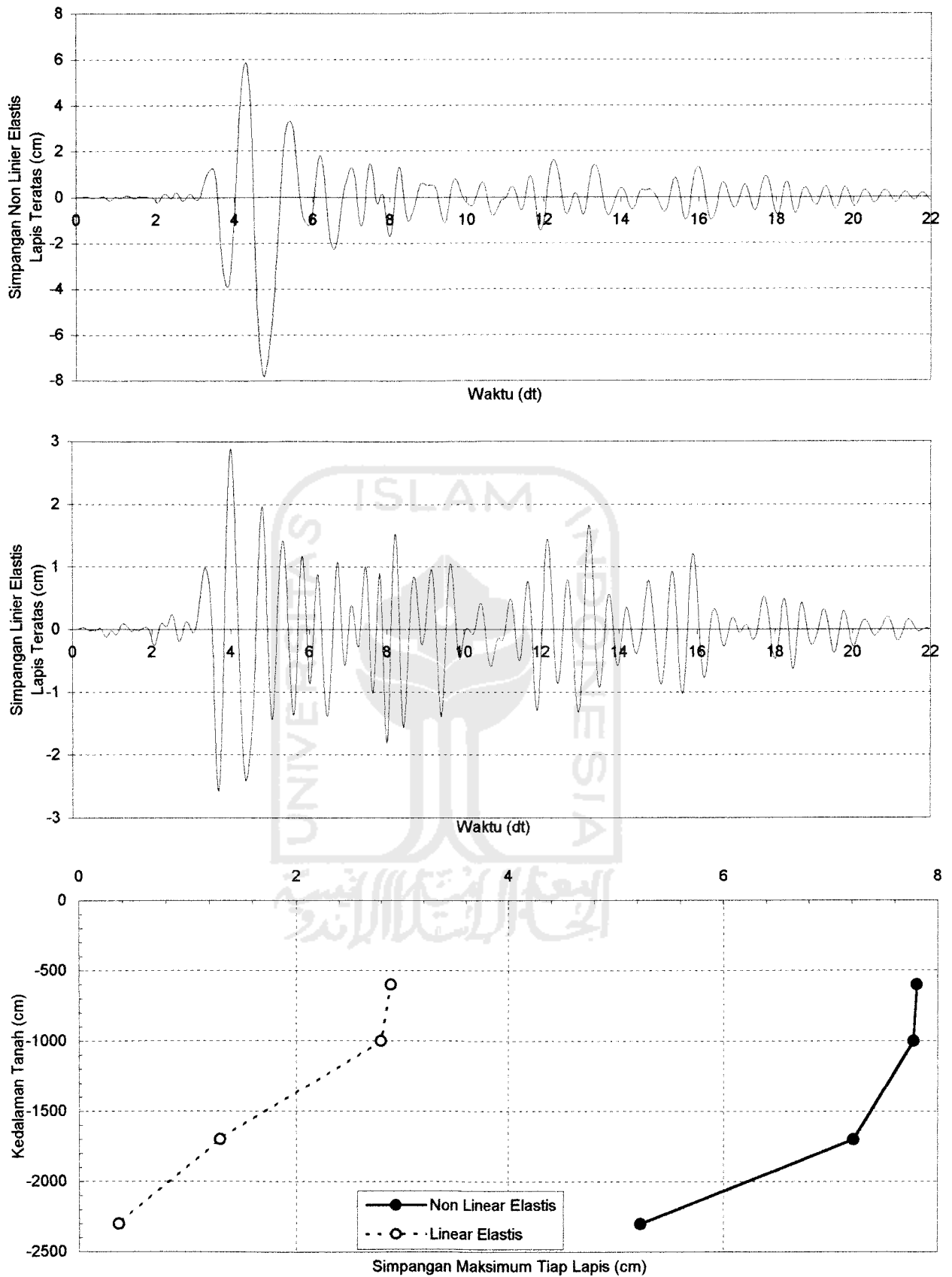
**Grafik 6.118.** Perbandingan Regangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Tanpa Massa Bangunan Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Kobe



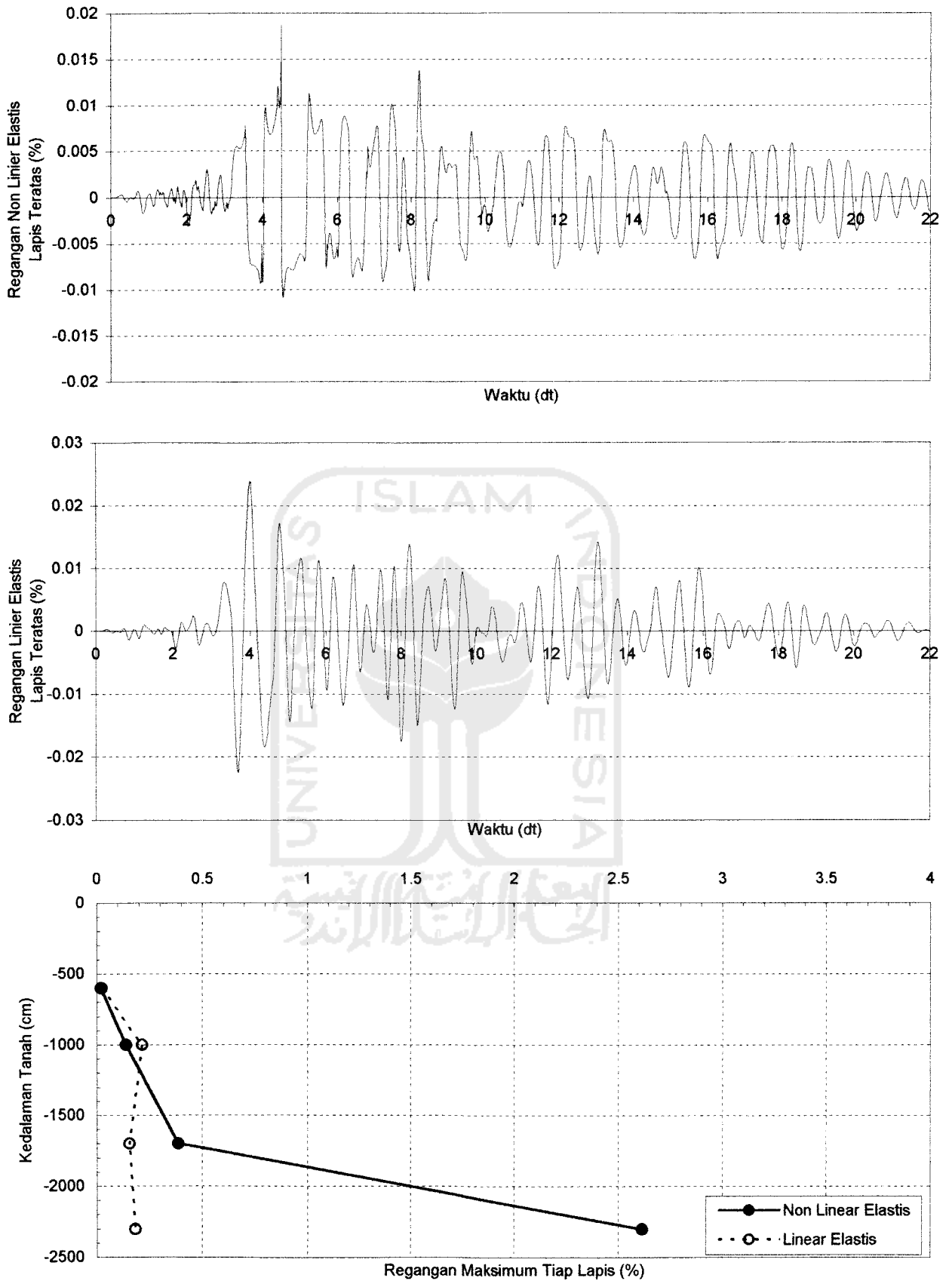
**Grafik 6.119.** Perbandingan Percepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Kobe



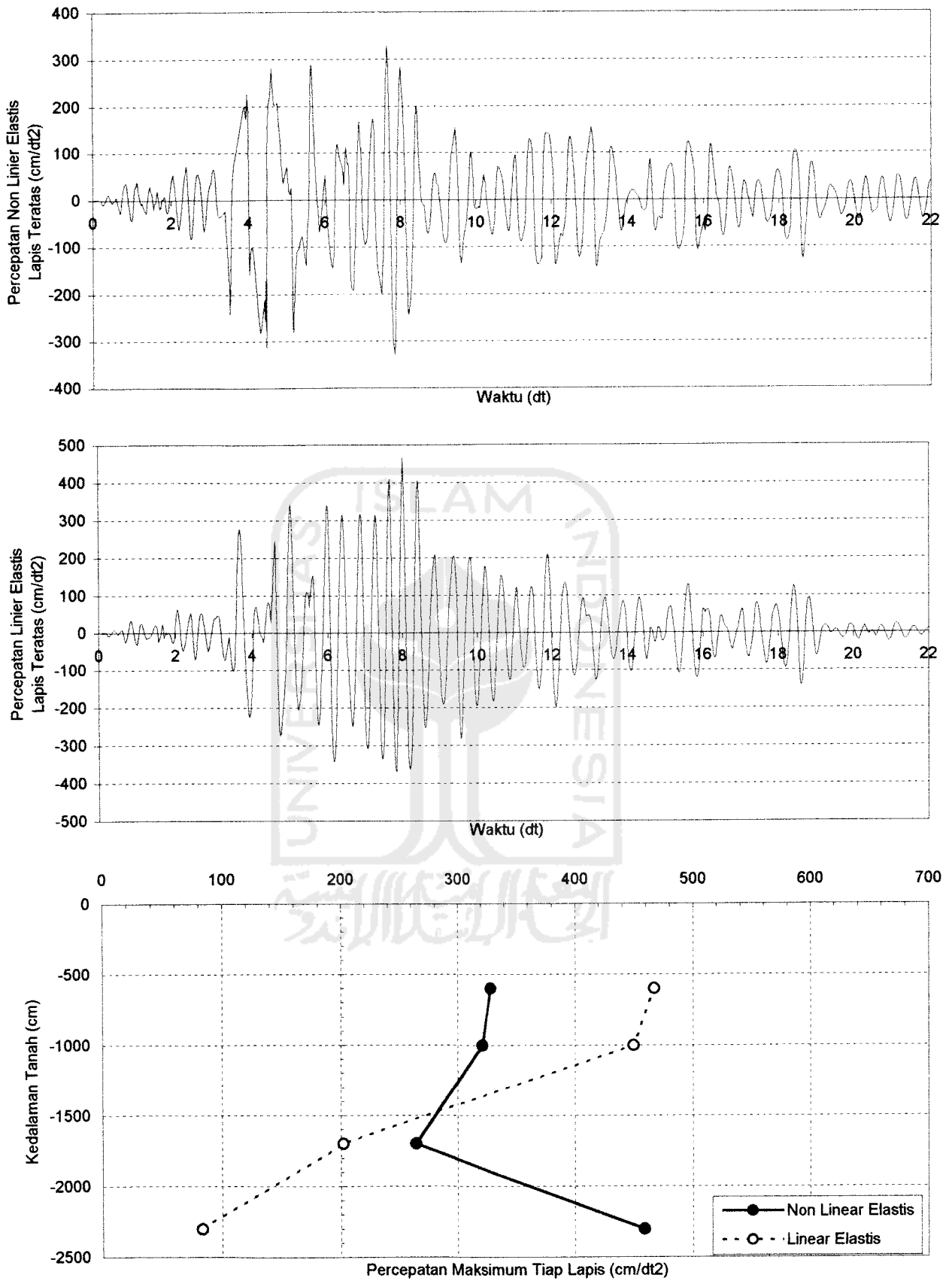
**Grafik 6.120.** Perbandingan Kecepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Kobe



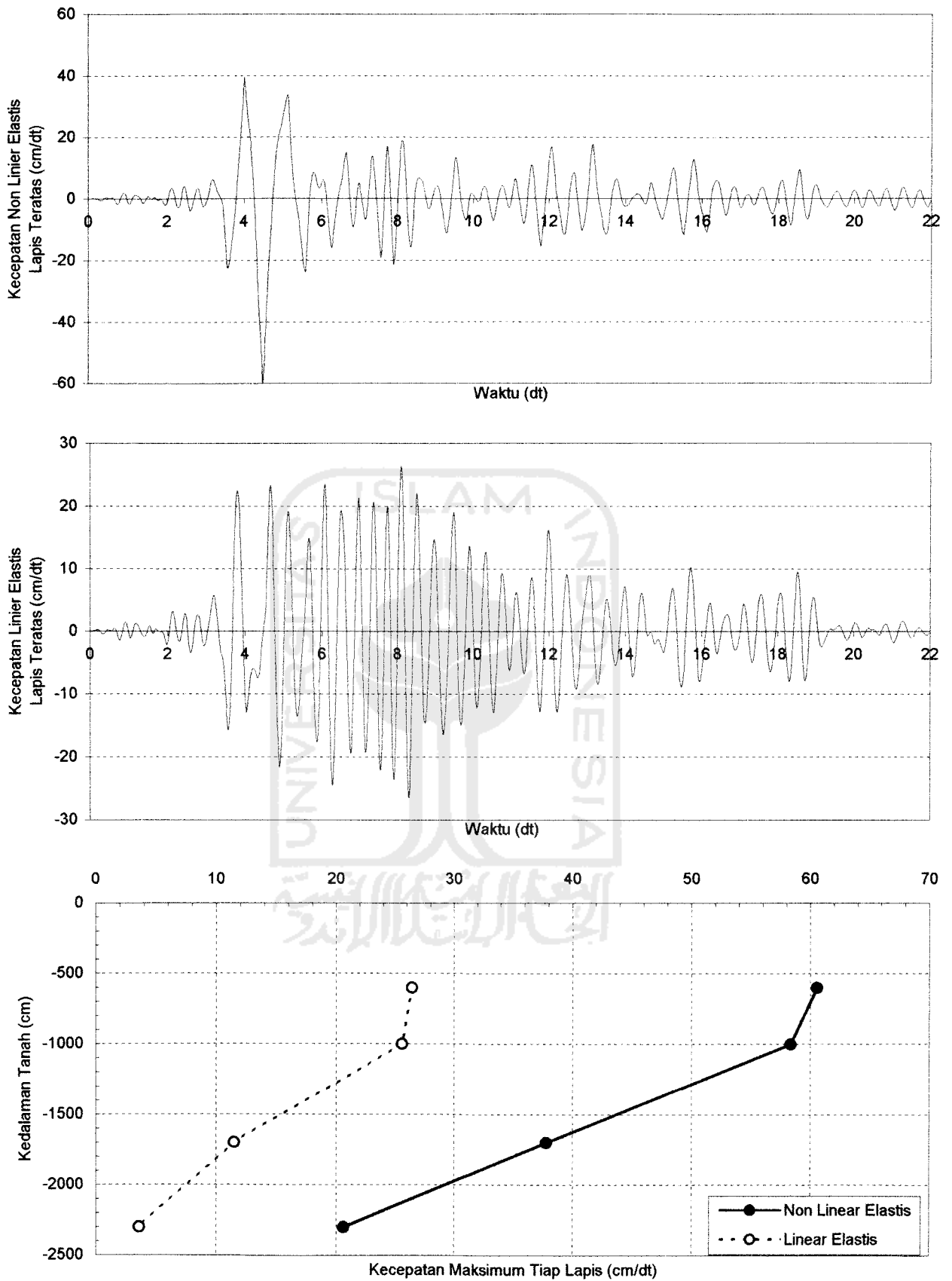
**Grafik 6.121.** Perbandingan Simpangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawangarsi II Sukoharjo Akibat Gempa Kobe



**Grafik 6.122.** Perbandingan Regangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawangarsi II Sukoharjo Akibat Gempa Kobe

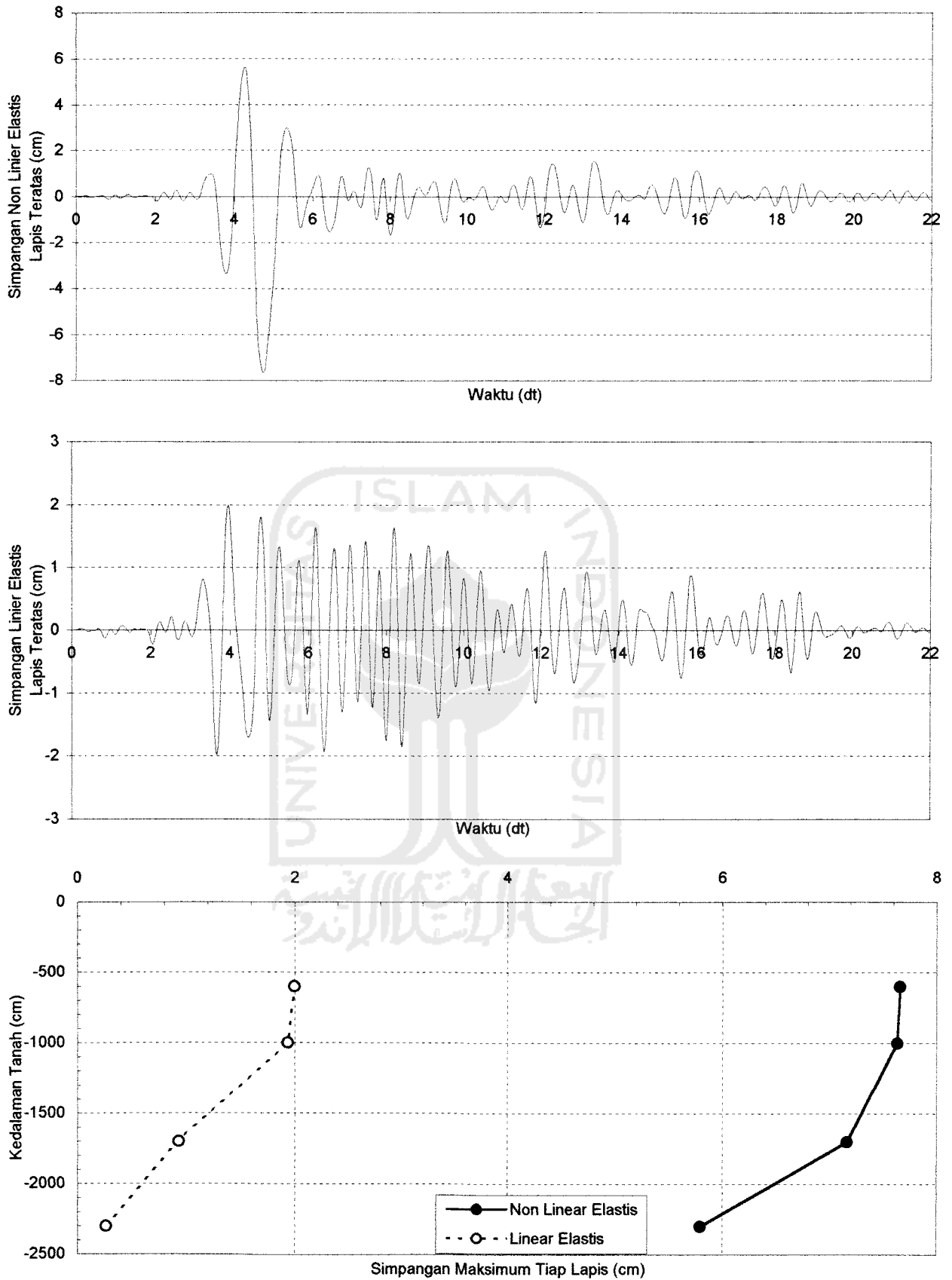


**Grafik 6.123.** Perbandingan Percepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Kobe

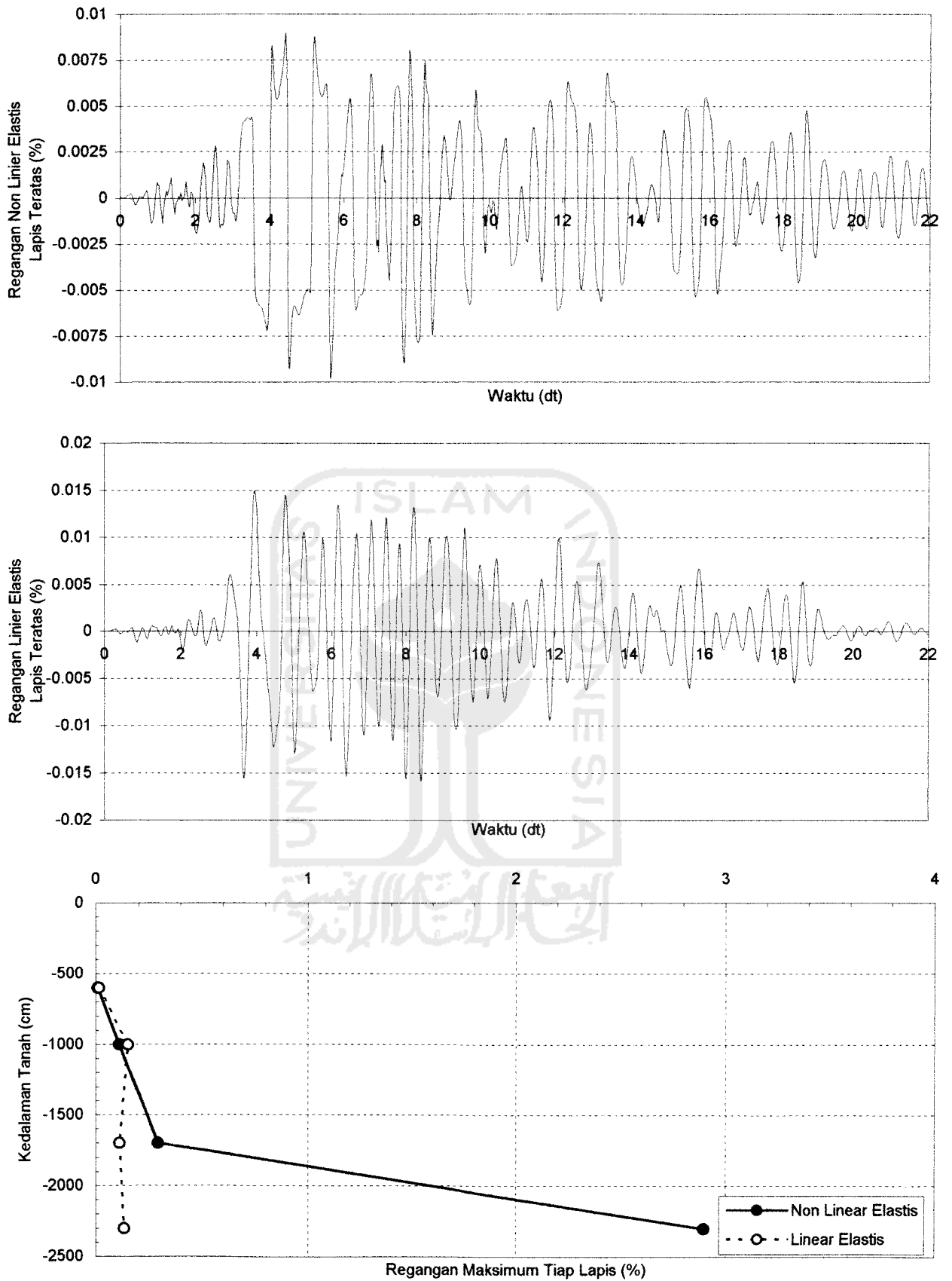


**Grafik 6.124.** Perbandingan Kecepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Kobe

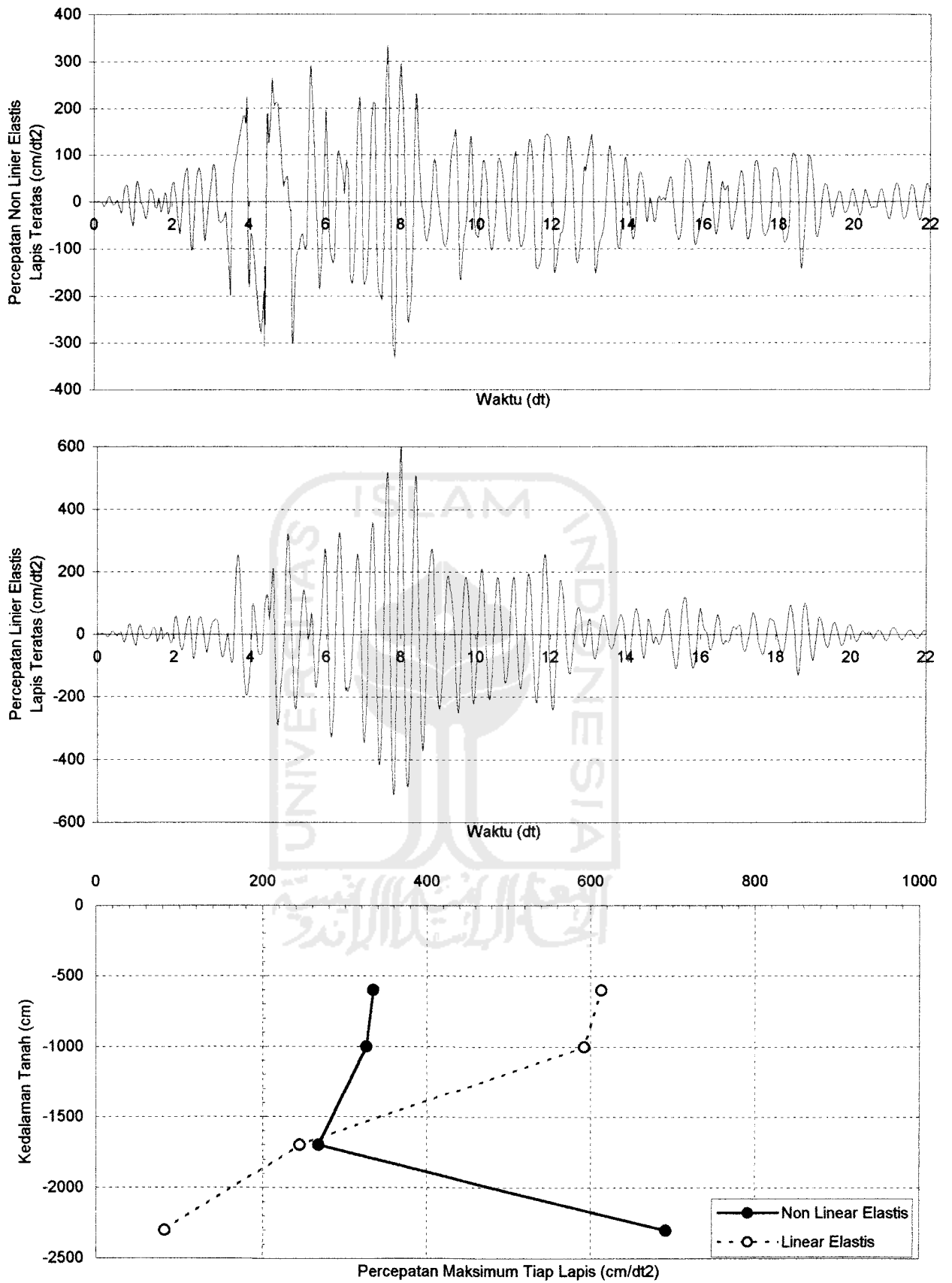




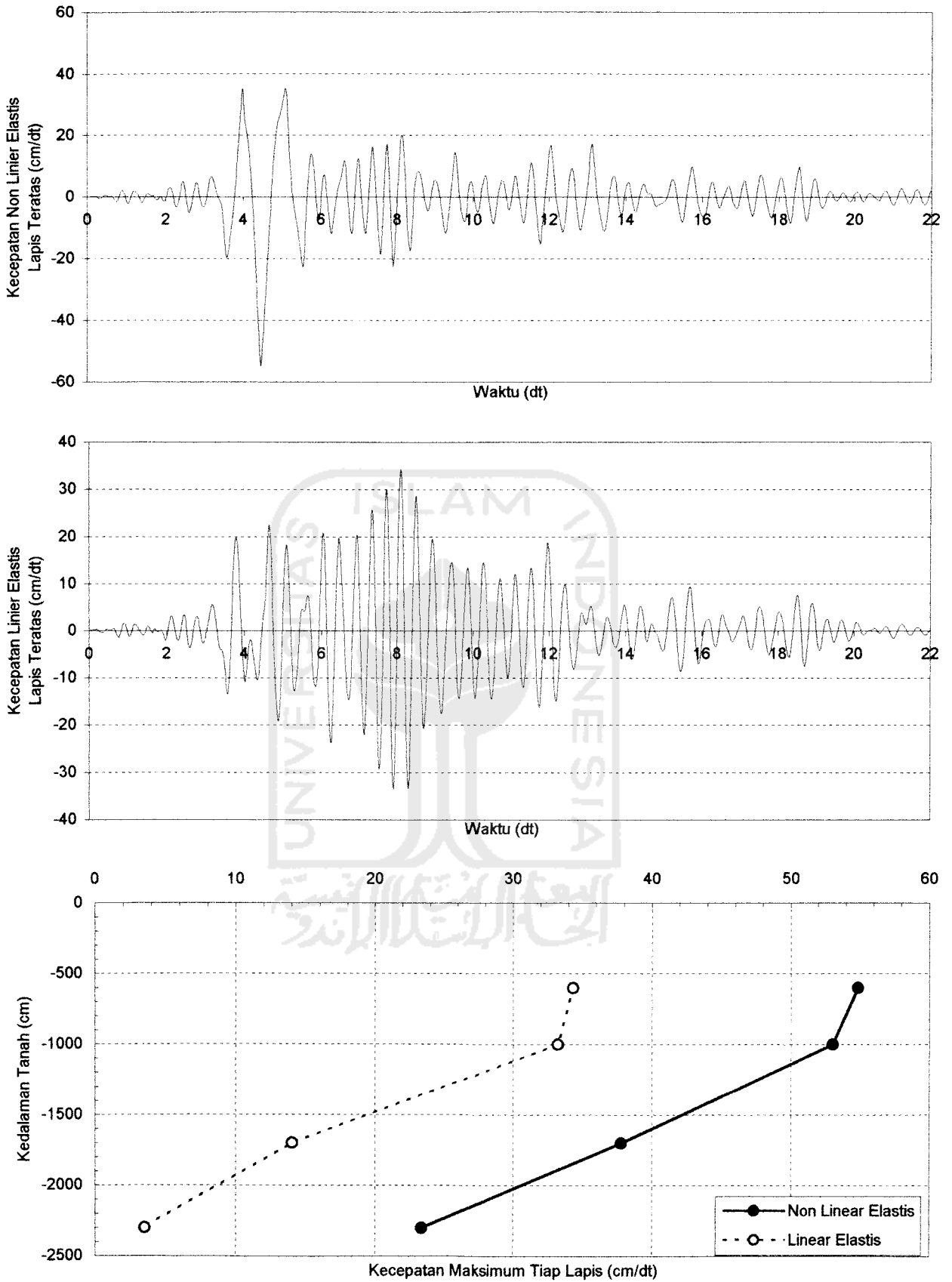
**Grafik 6.125.** Perbandingan Simpangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Kobe



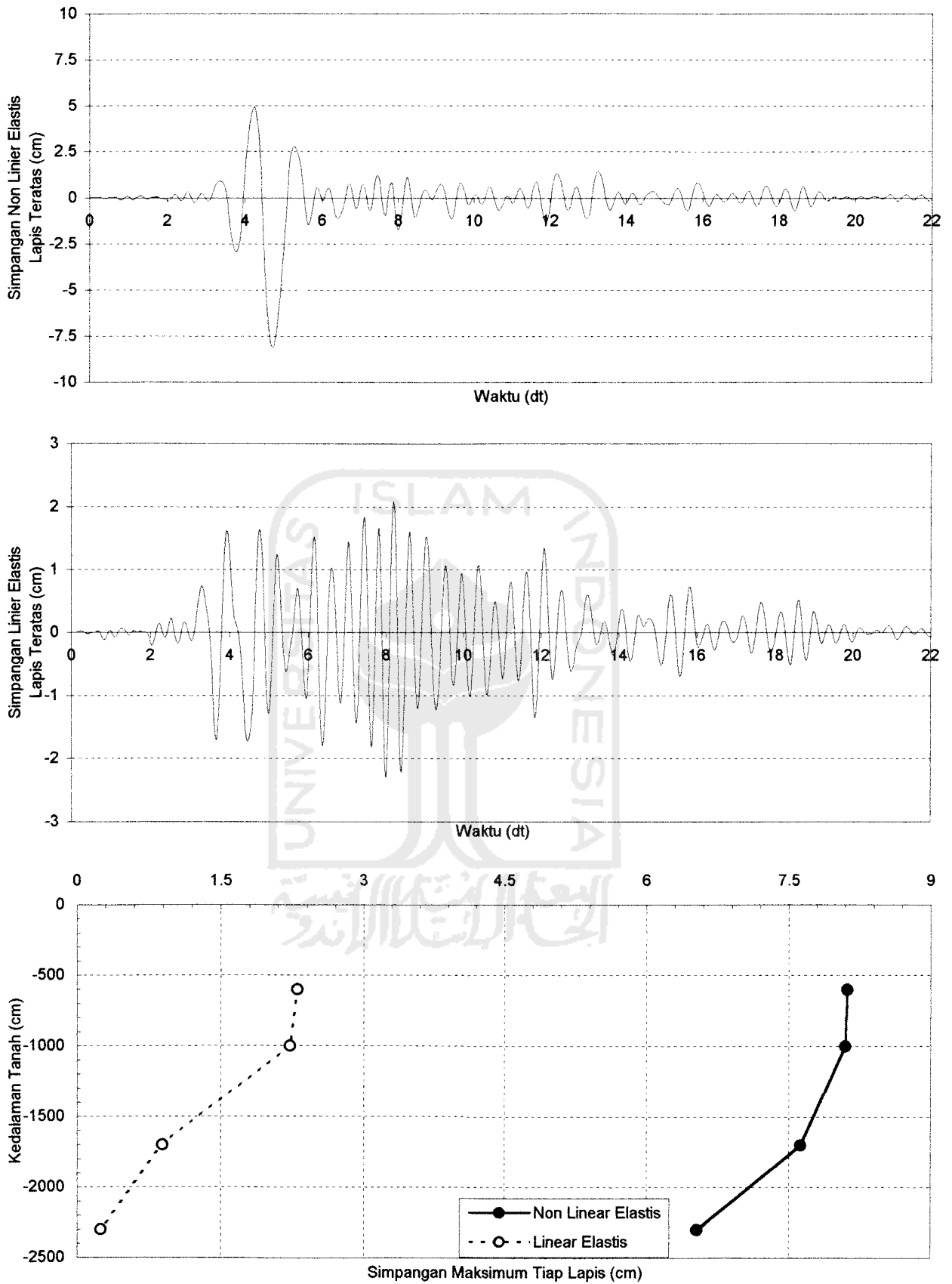
**Grafik 6.126.** Perbandingan Regangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Kobe



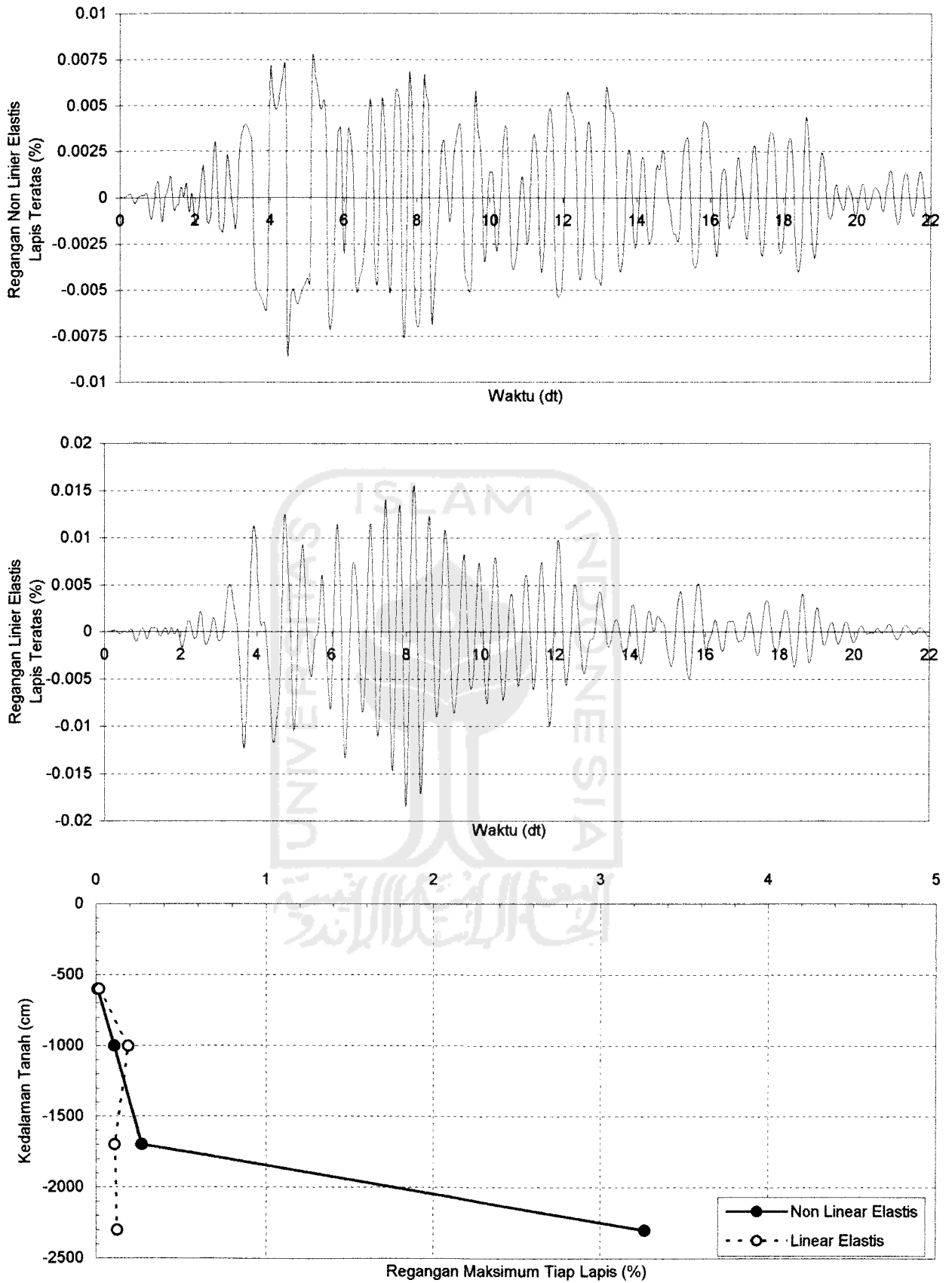
**Grafik 6.127.** Perbandingan Percepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Kobe



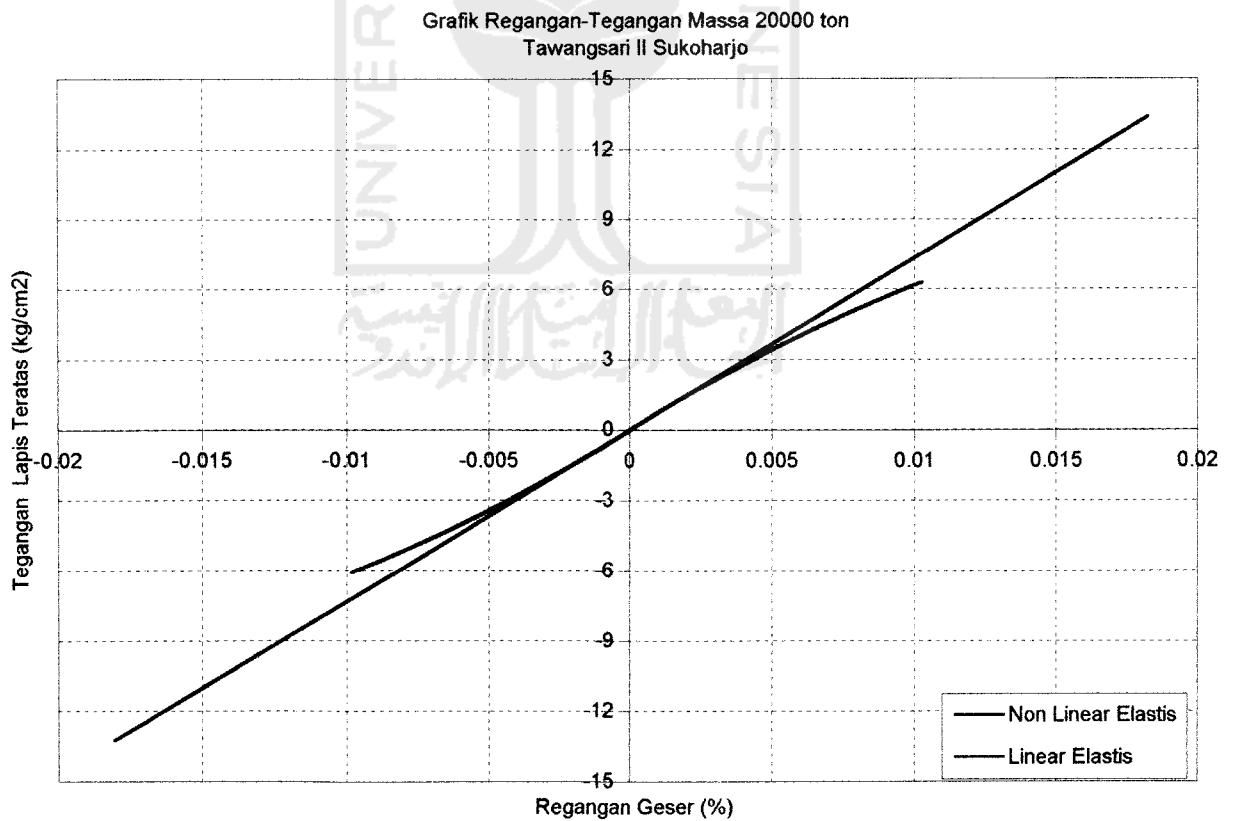
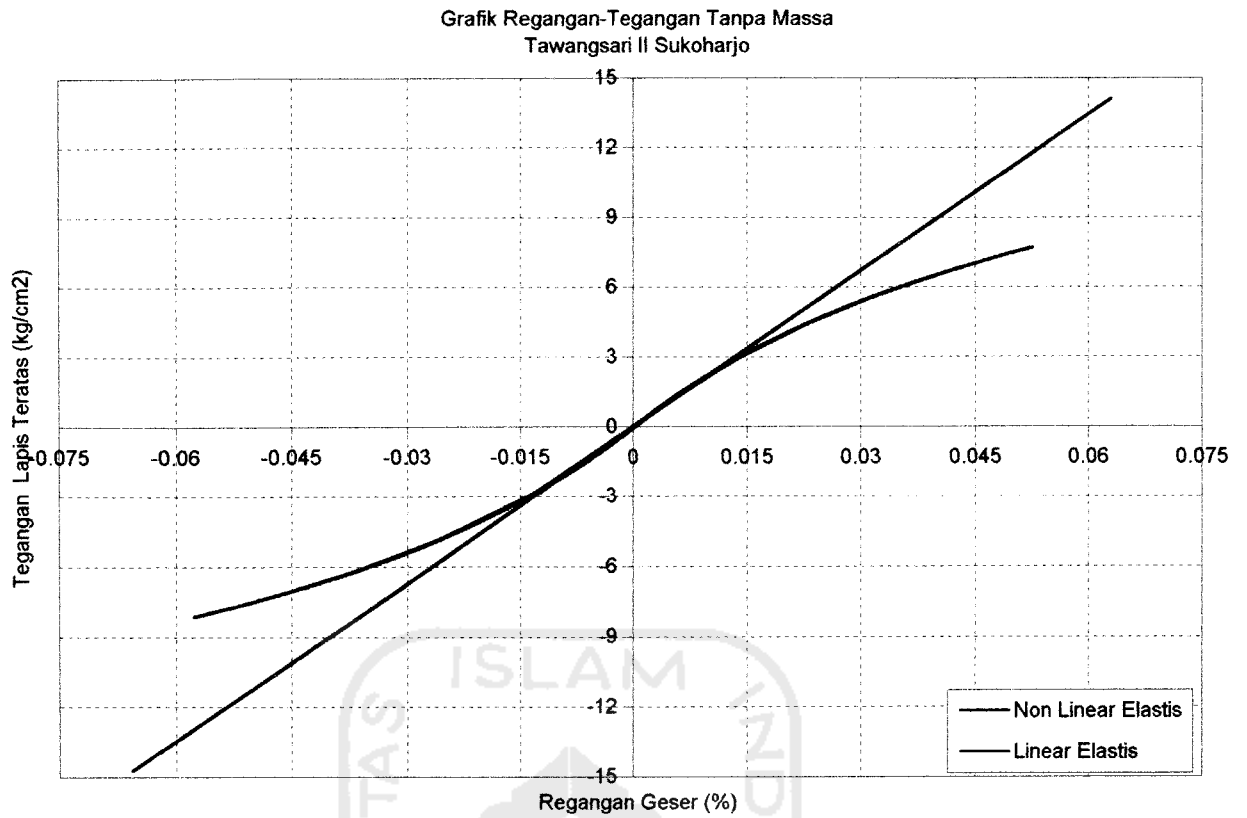
**Grafik 6.128.** Perbandingan Kecepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Kobe



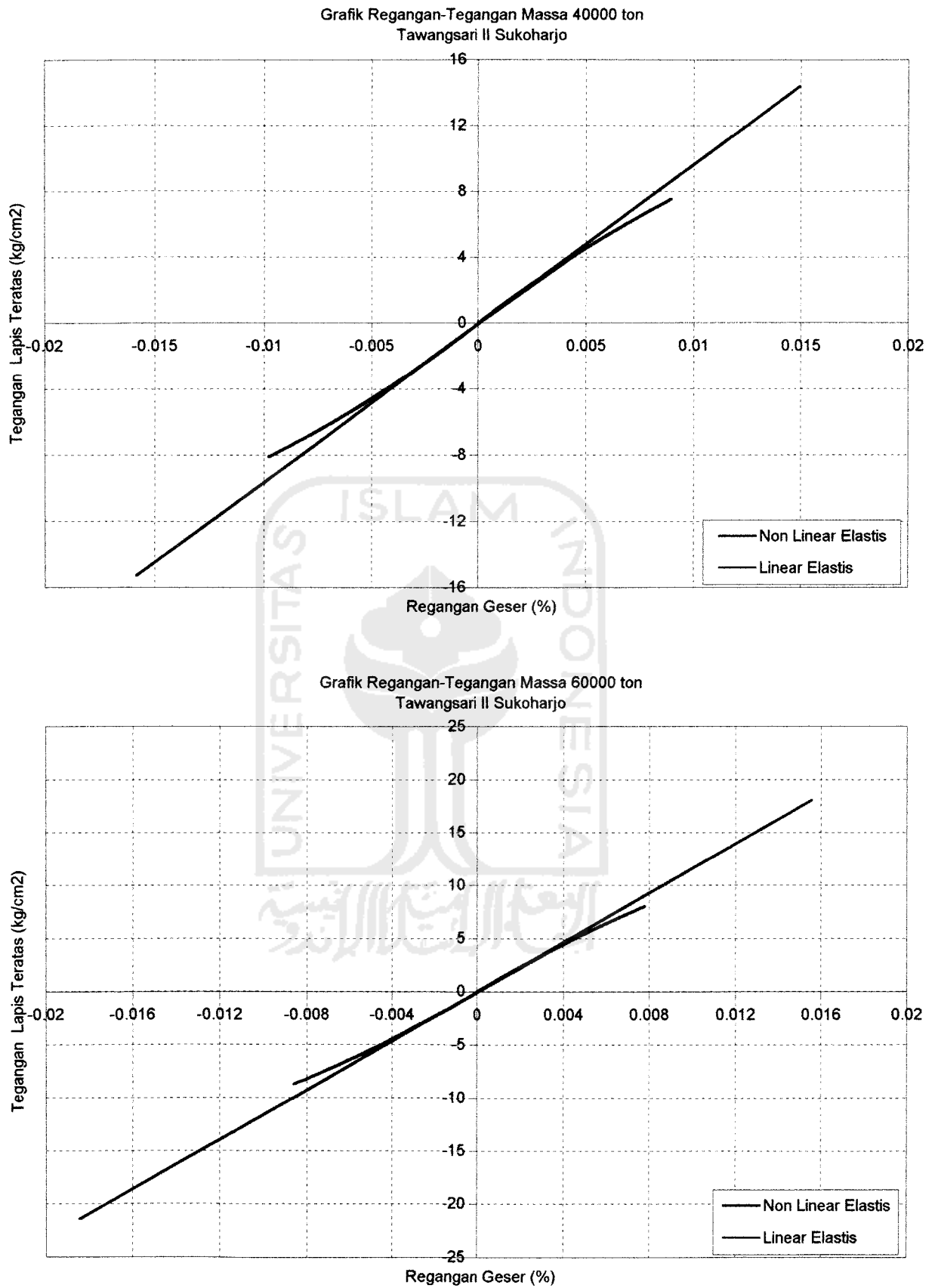
**Grafik 6.129.** Perbandingan Simpangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Kobe



**Grafik 6.130.** Perbandingan Regangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Kobe

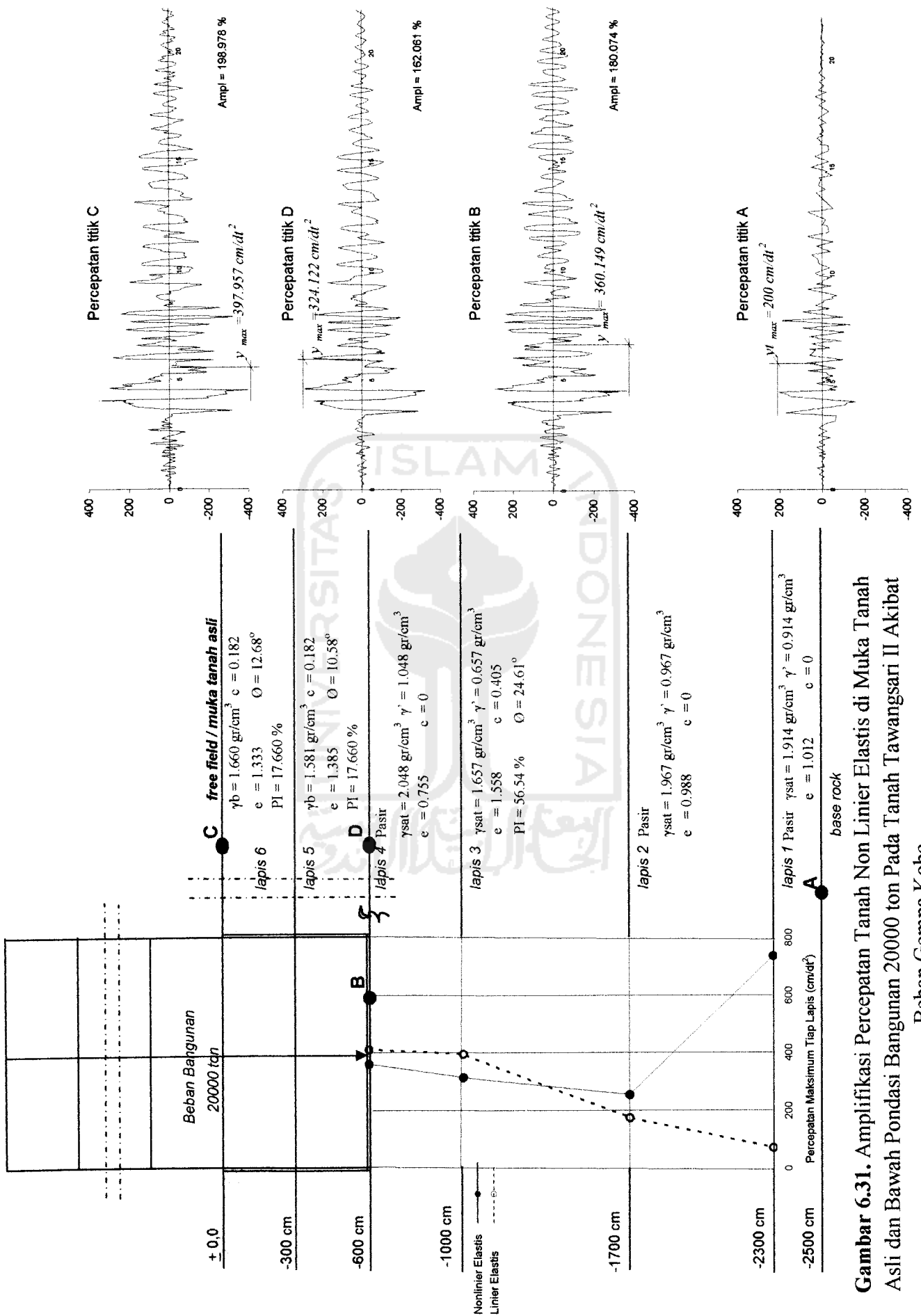


**Grafik 6.131.** Perbandingan Regangan-Tegangan Tanah Non Linier dan Linier Elastis Tanpa Massa dan Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Kobe

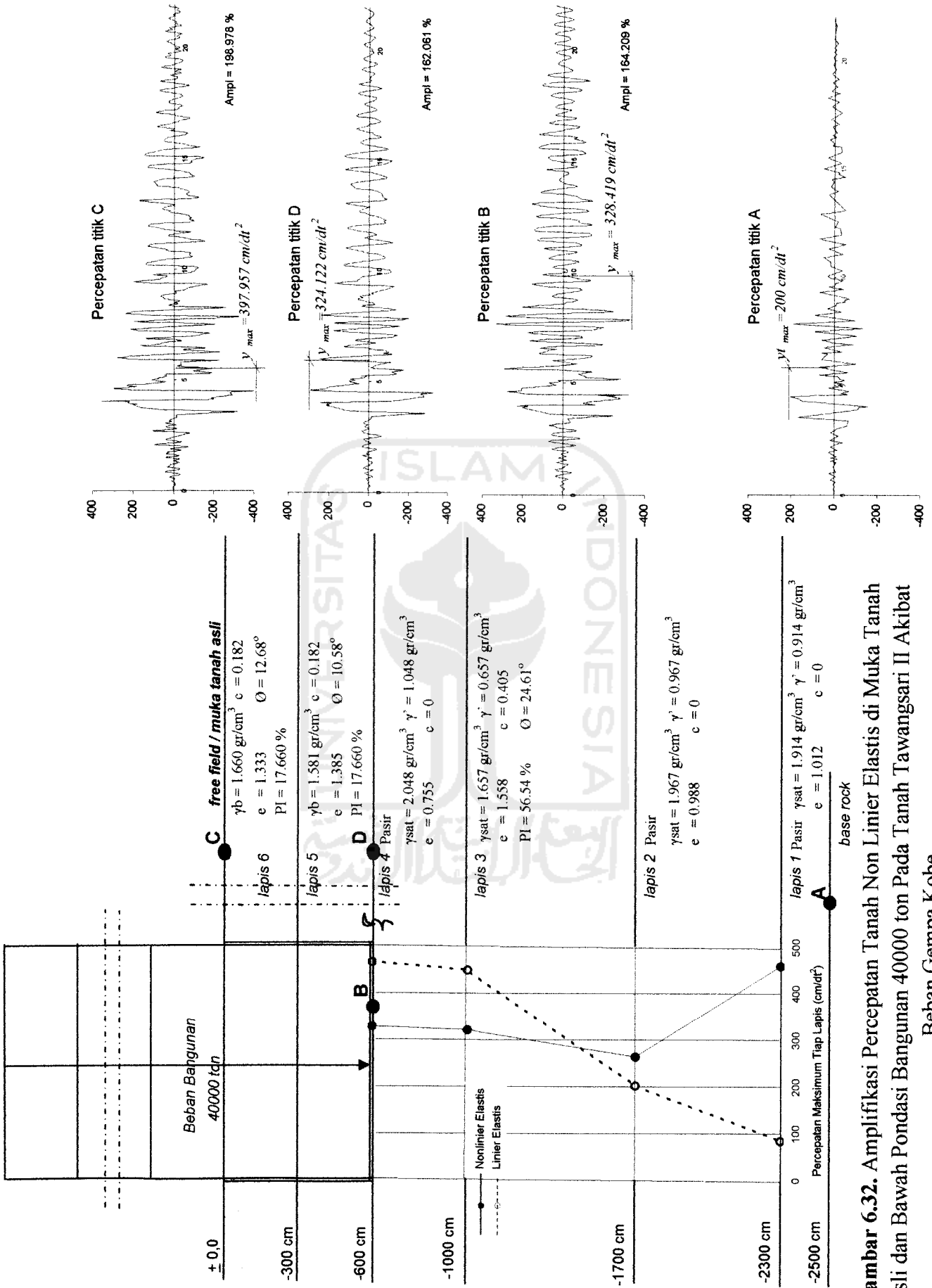


**Grafik 6.132.** Perbandingan Regangan-Tegangan Tanah Non Linier dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton dan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Kobe

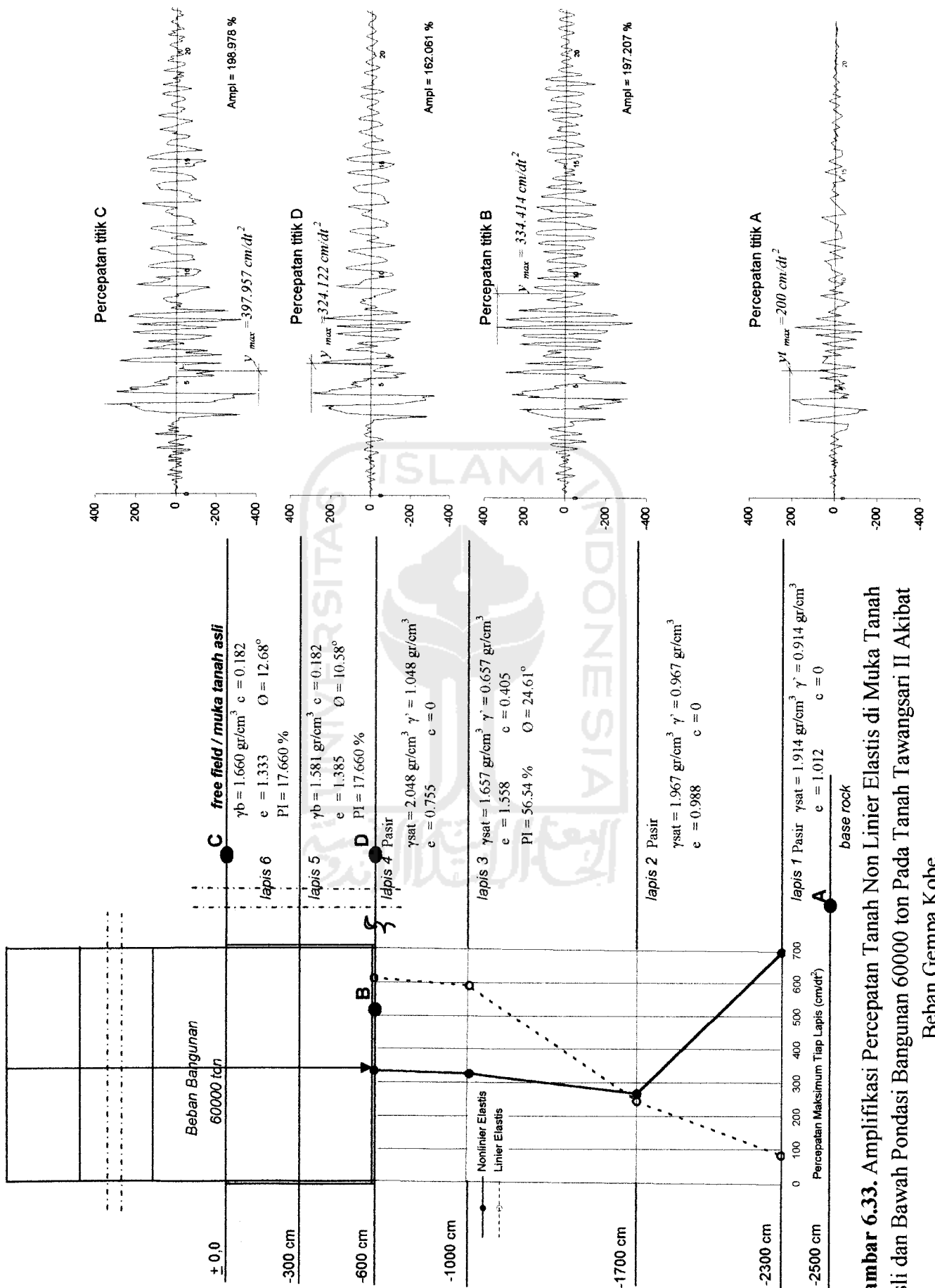




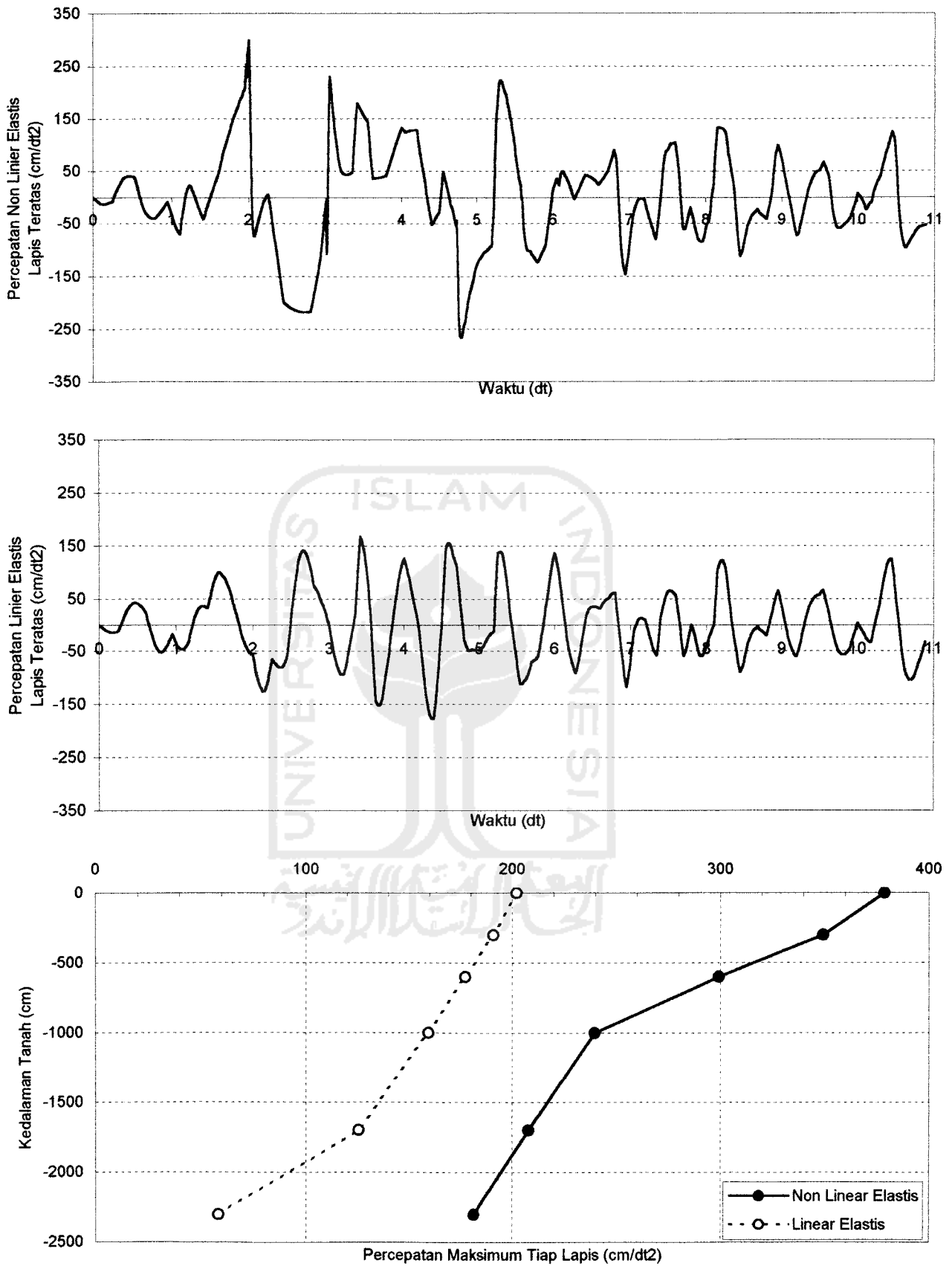
**Gambar 6.31.** Amplifikasi Percepatan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 20000 ton Pada Tanah Tawangsari II Akibat Beban Gempa Kobe



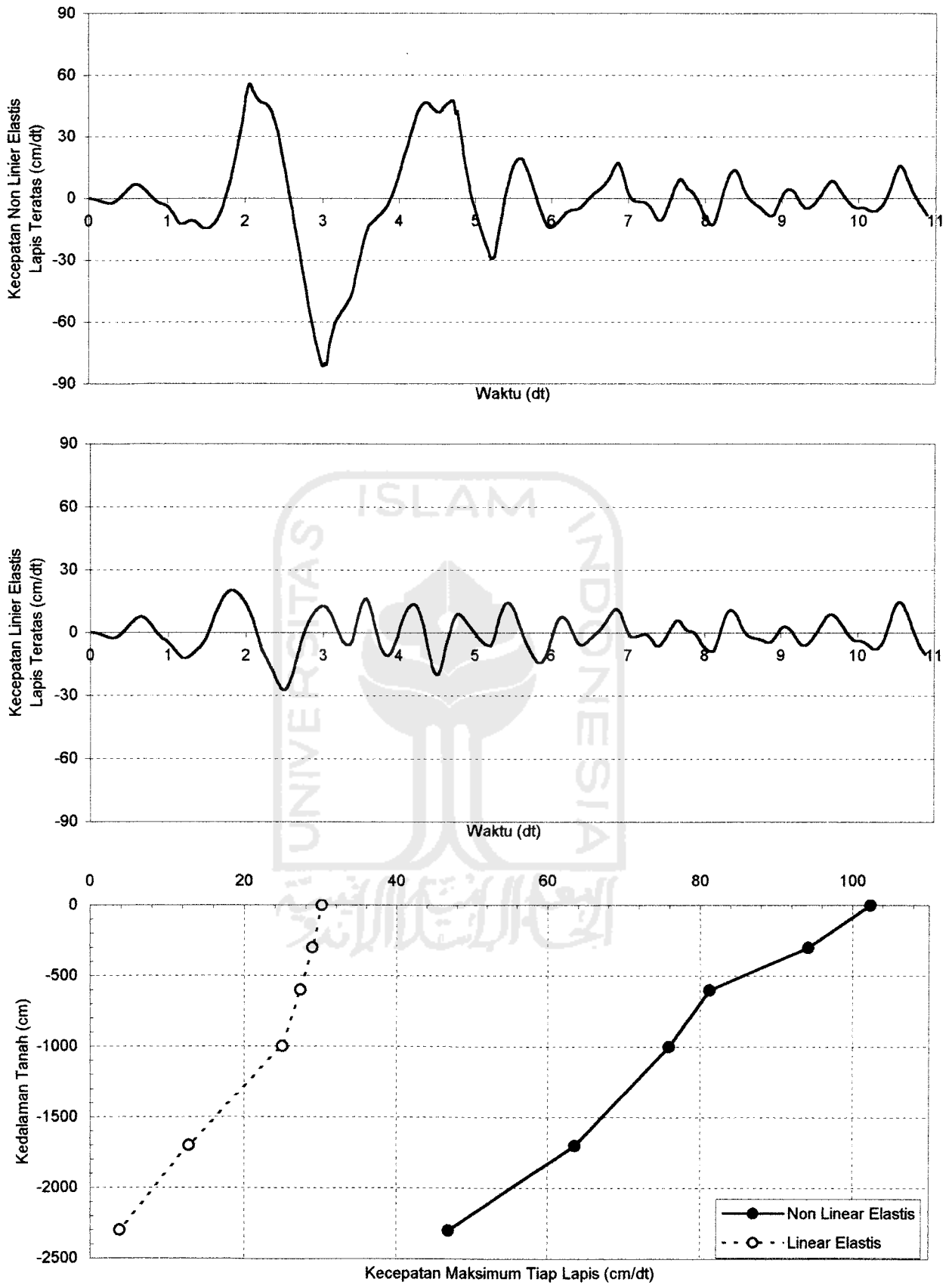
**Gambar 6.32.** Amplifikasi Percepatan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 40000 ton Pada Tanah Tawangsari II Akibat Beban Gempa Kobe



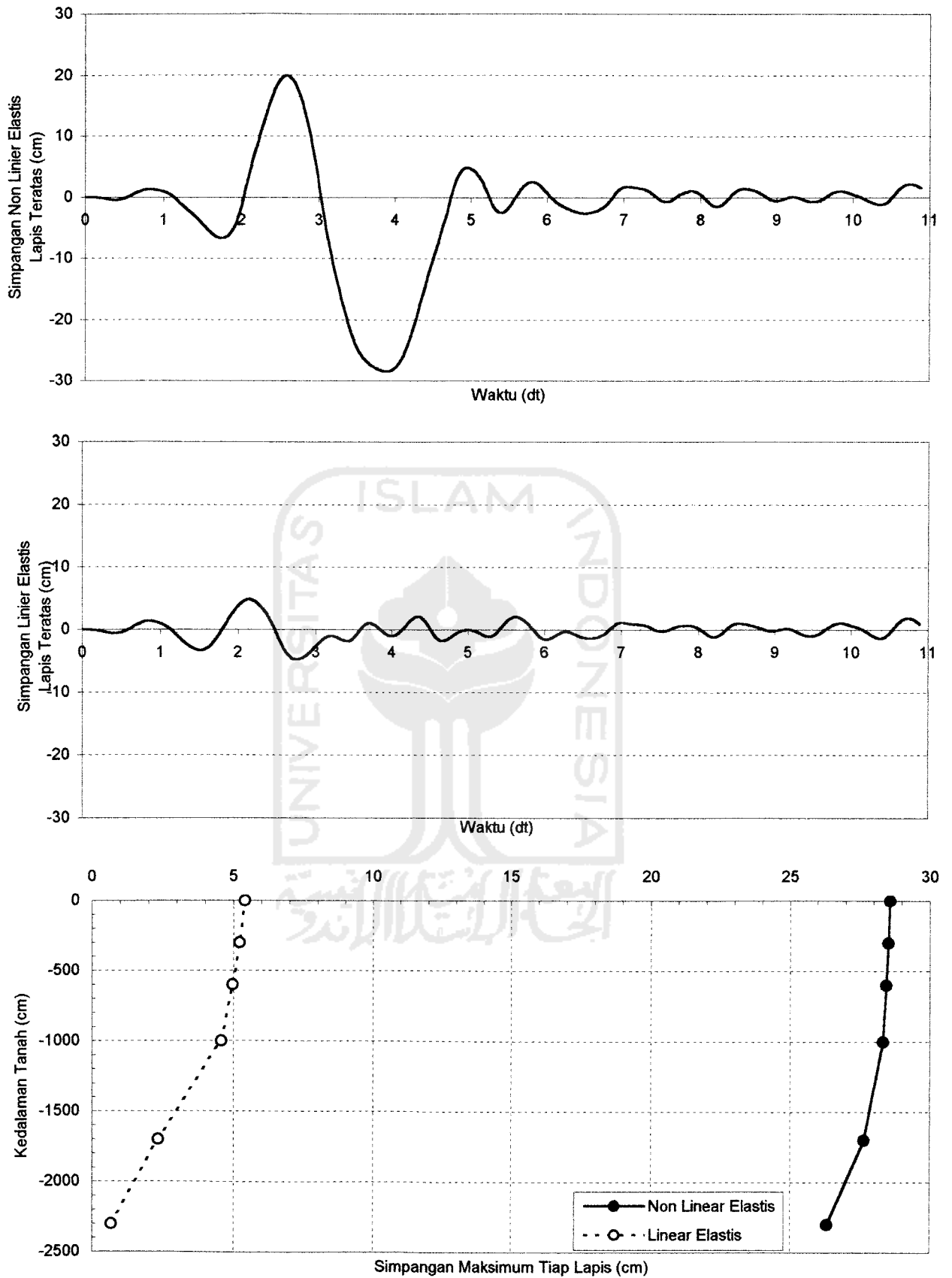
**Gambar 6.33.** Amplifikasi Percepatan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 60000 ton Pada Tanah Tawangsari II Akibat Beban Gempa Kobe



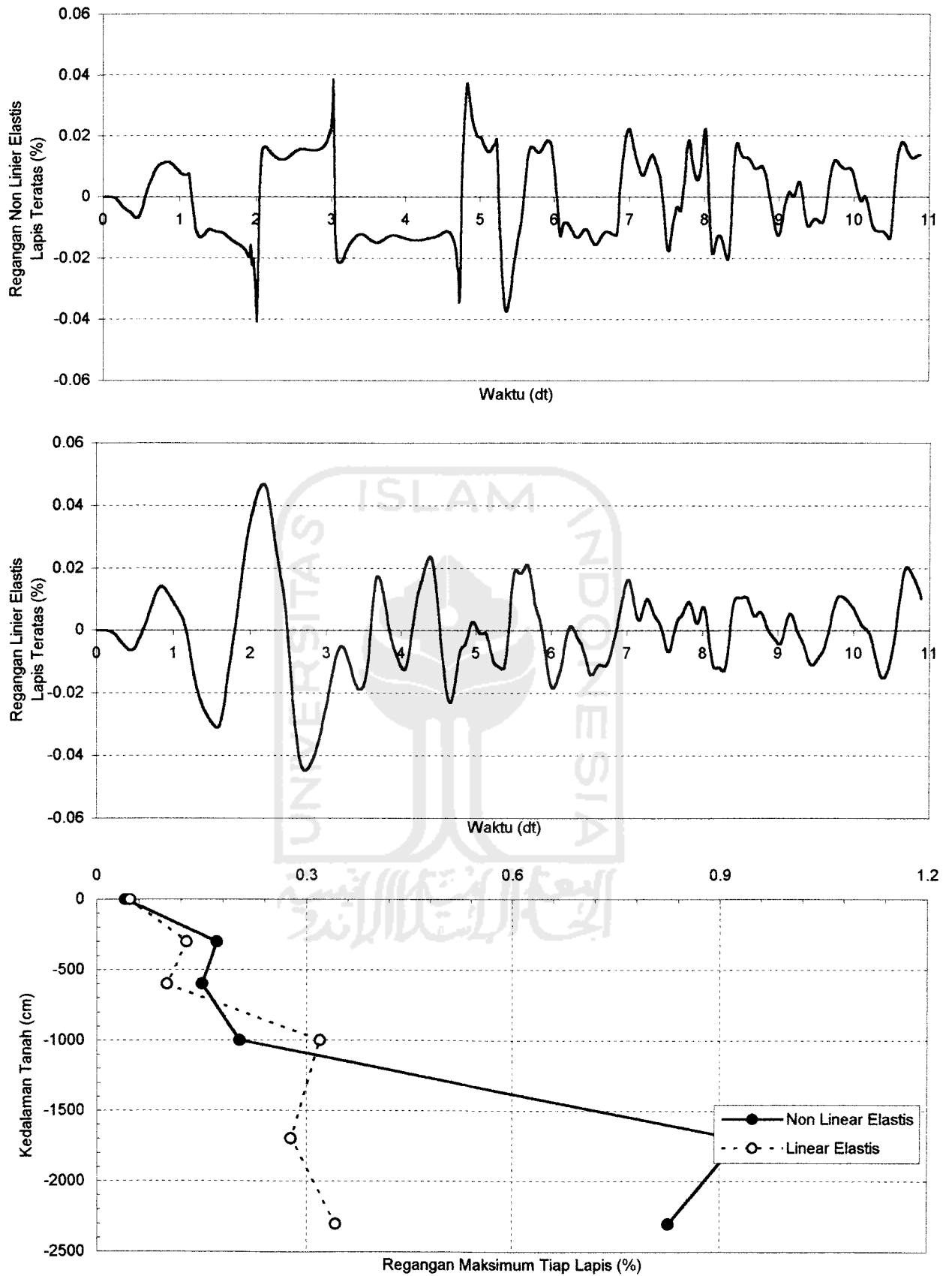
**Grafik 6.133.** Perbandingan Percepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Tanpa Massa Bangunan Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Bucharest



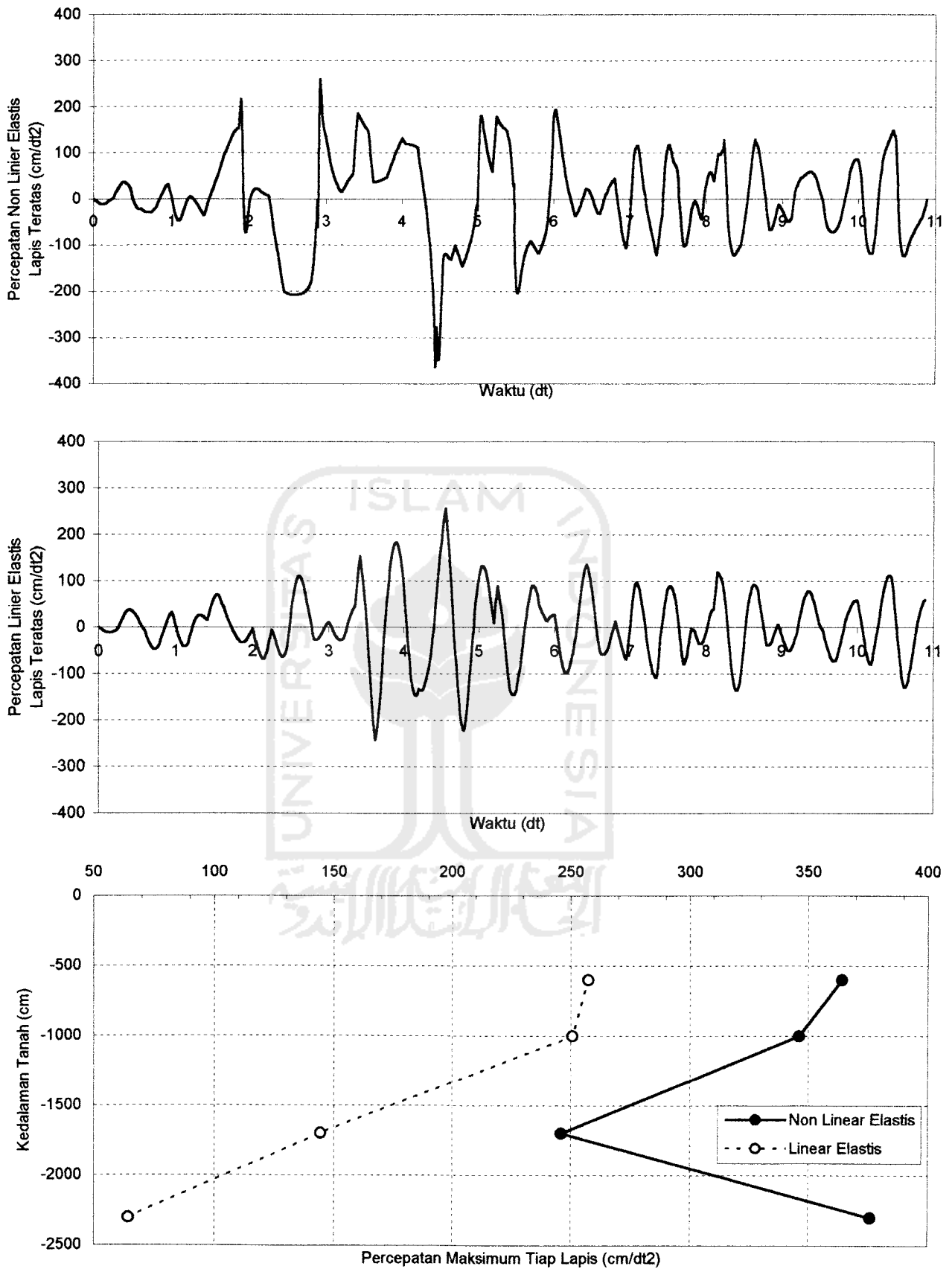
**Grafik 6.134.** Perbandingan Kecepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Tanpa Massa Bangunan Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Bucharest



**Grafik 6.135.** Perbandingan Simpangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Tanpa Massa Bangunan Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Bucharest

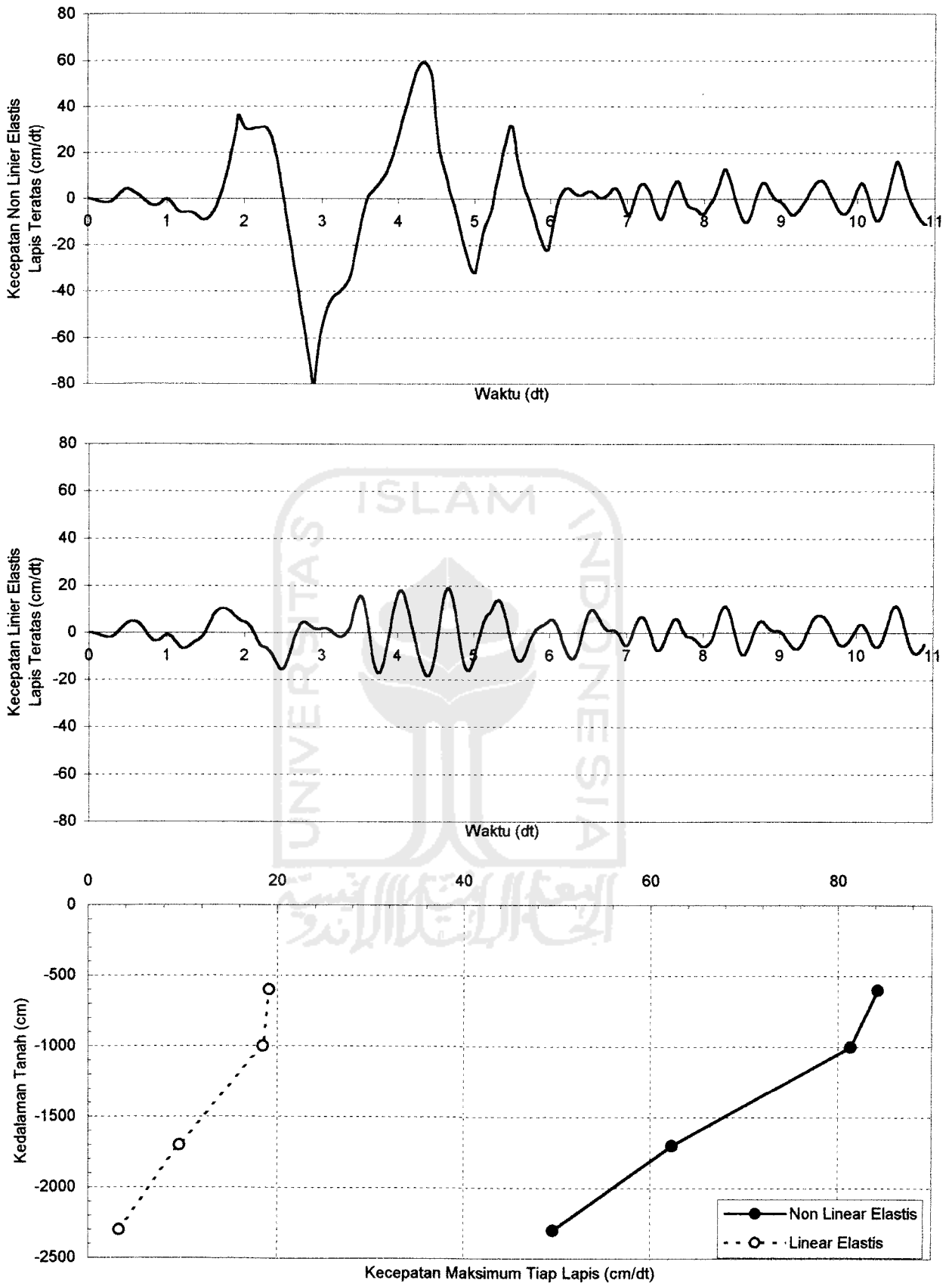


**Grafik 6.136.** Perbandingan Regangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Tanpa Massa Bangunan Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Bucharest

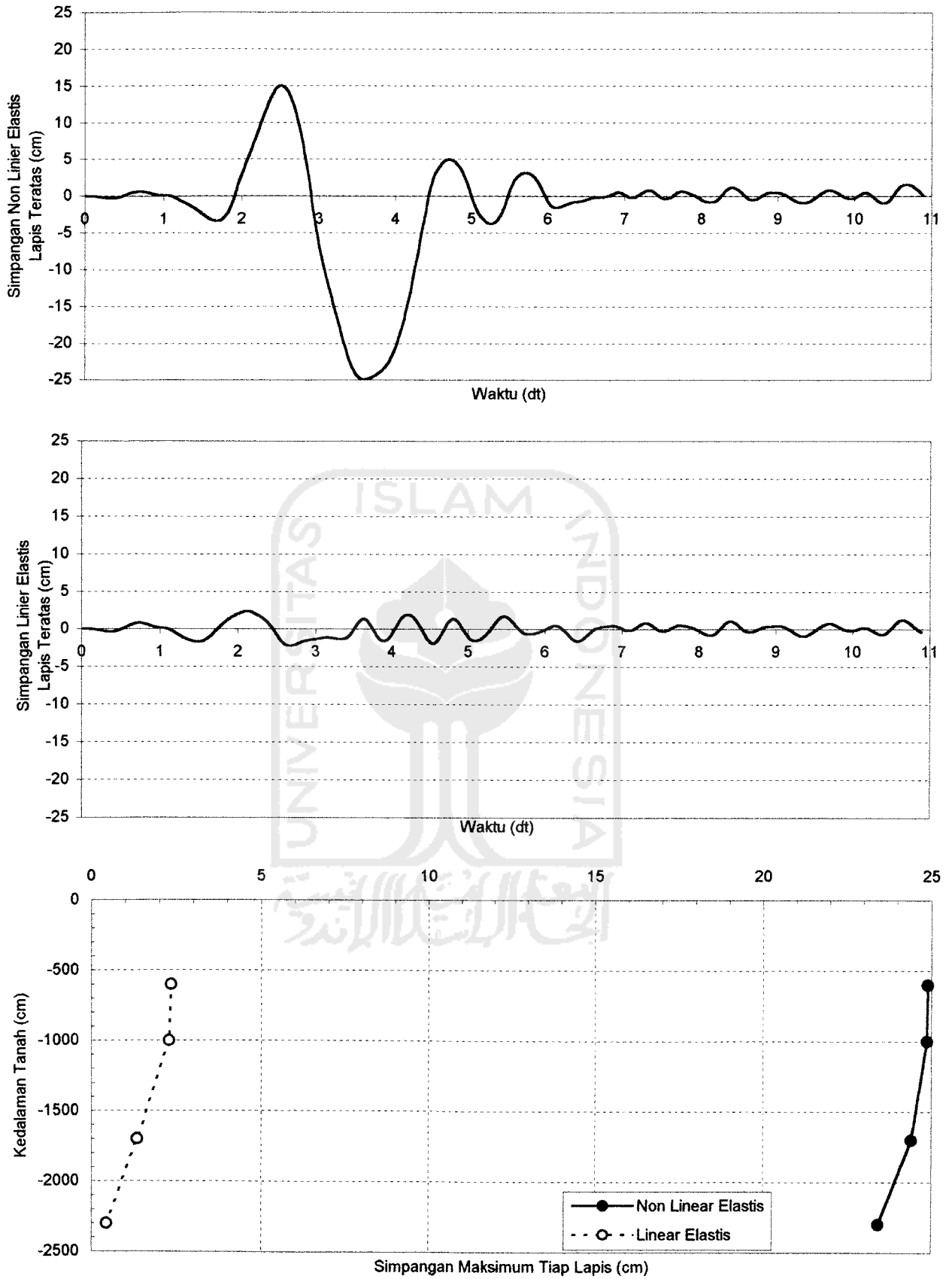


**Grafik 6.137.** Perbandingan Percepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Bucharest

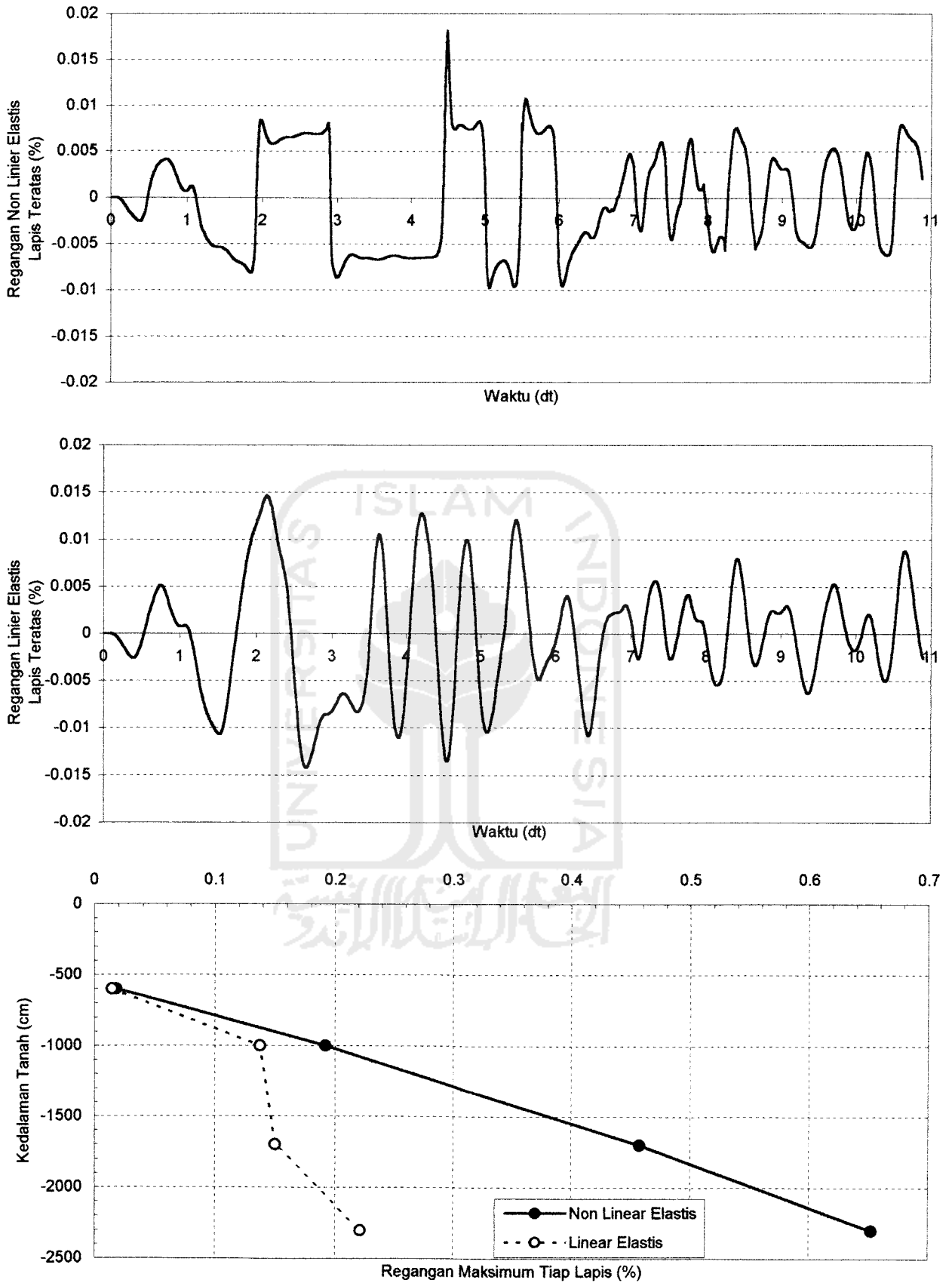




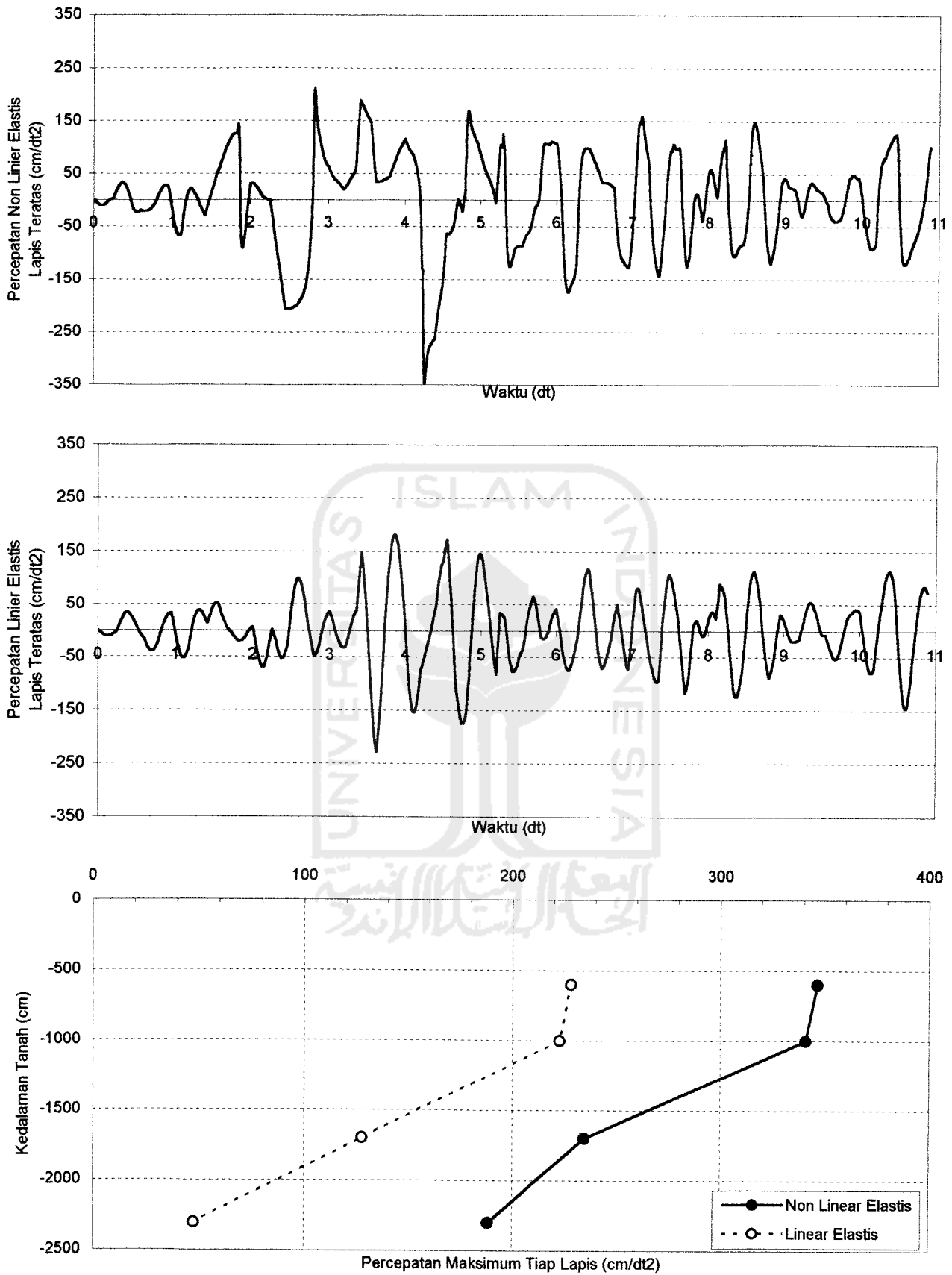
**Grafik 6.138.** Perbandingan Kecepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Bucharest



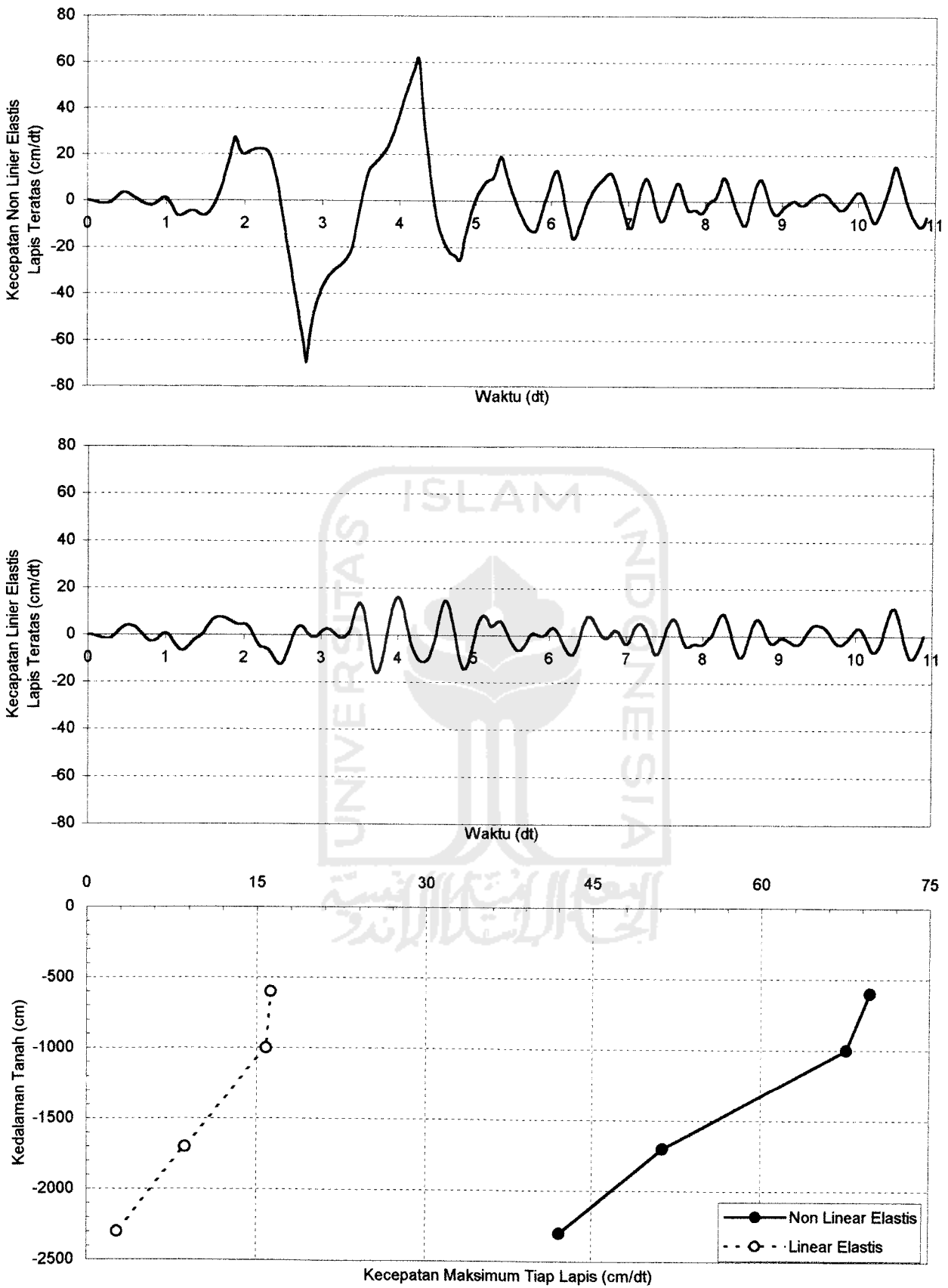
**Grafik 6.139.** Perbandingan Simpangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Bucharest



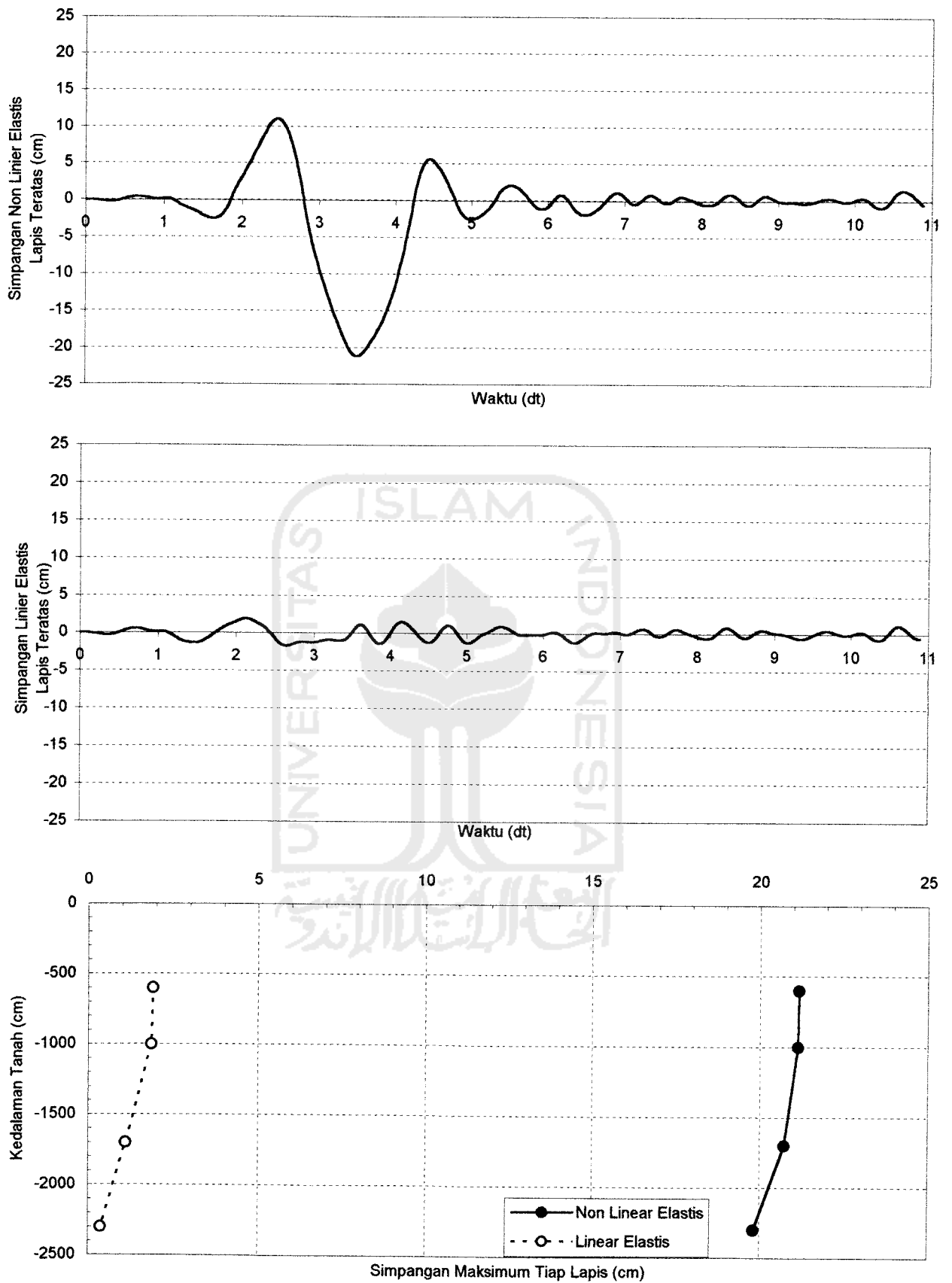
**Grafik 6.140.** Perbandingan Regangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Bucharest



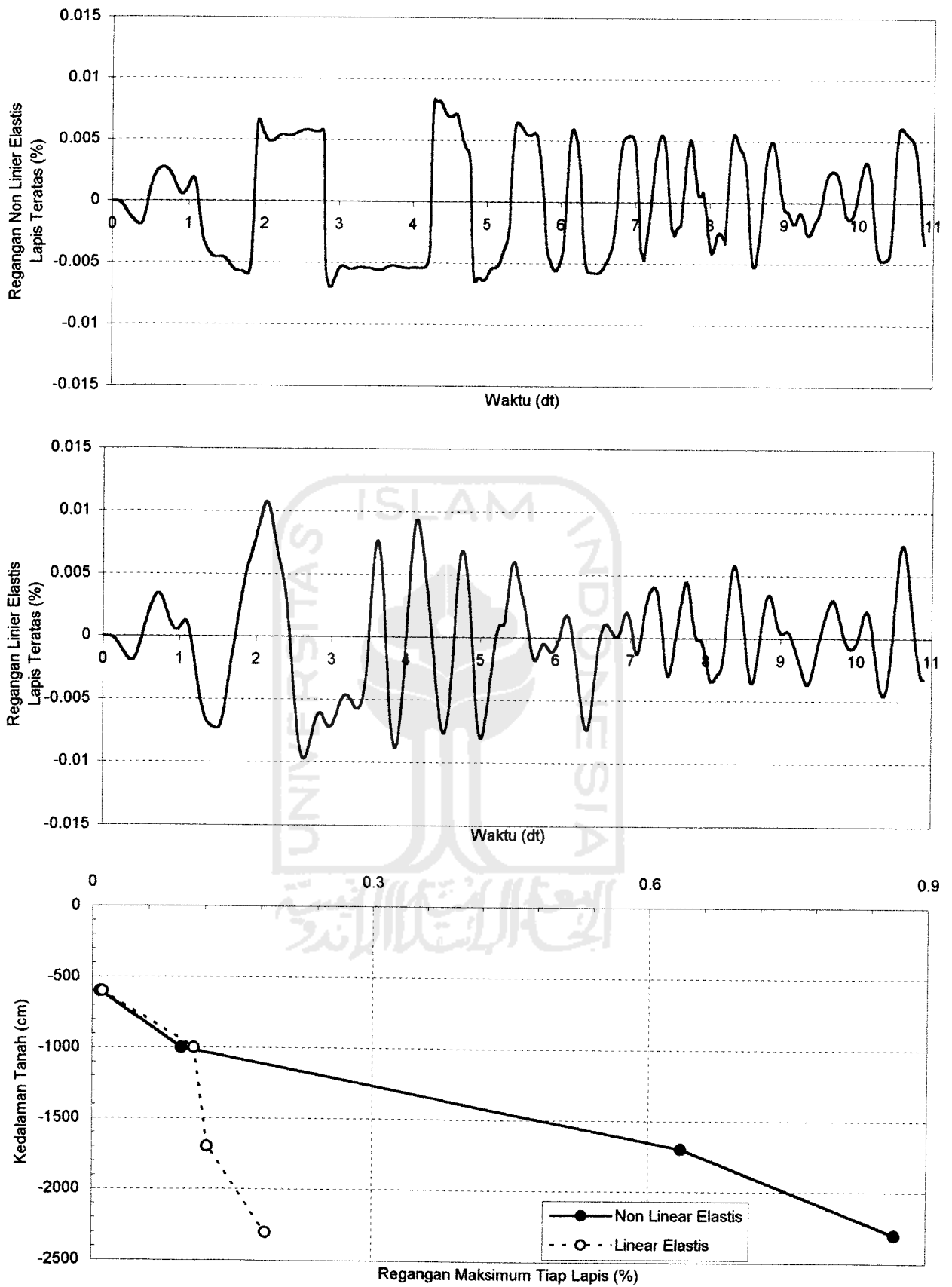
**Grafik 6.141.** Perbandingan Percepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa BucharestBucharest



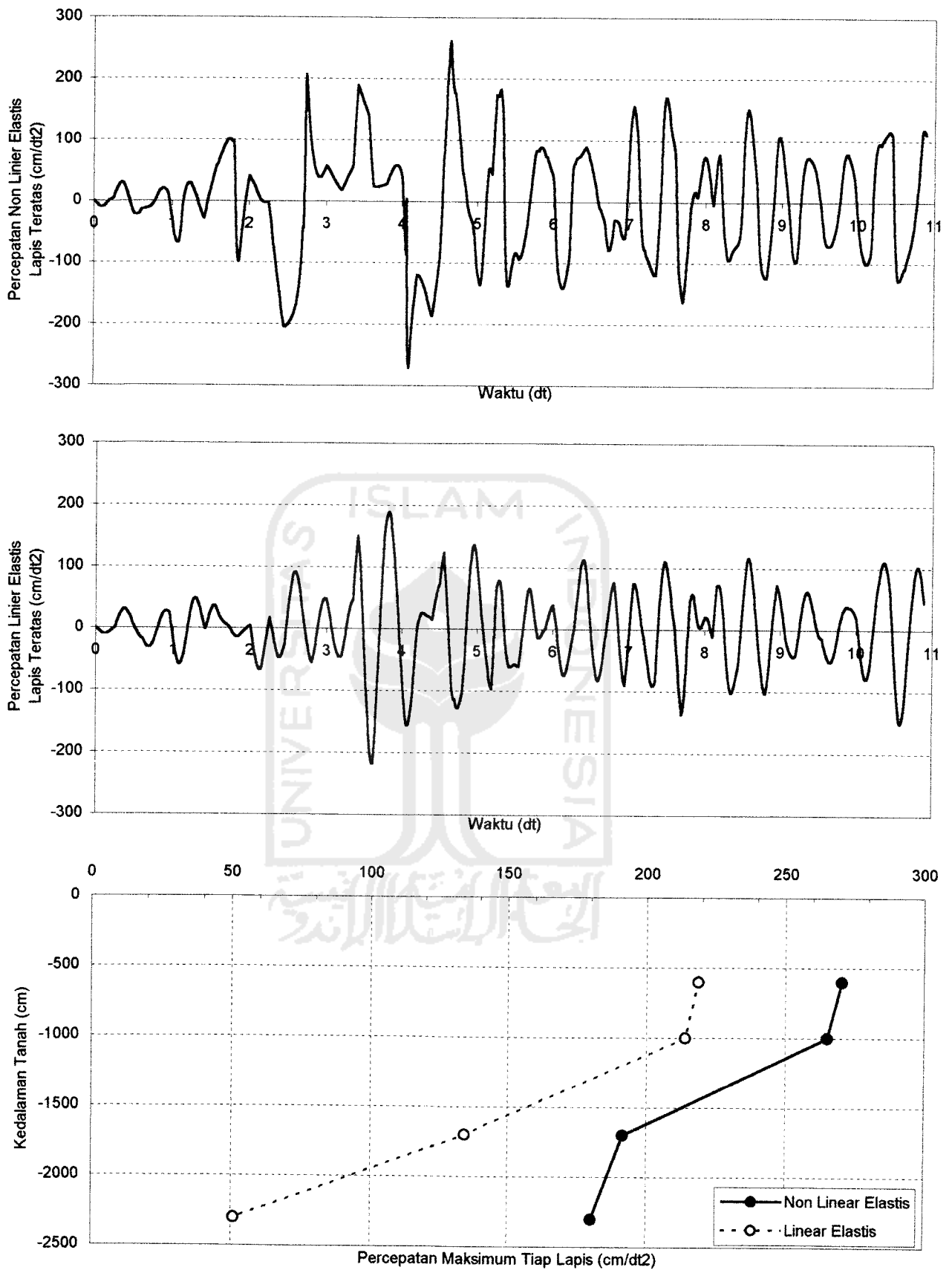
**Grafik 6.142.** Perbandingan Kecepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Bucharest



**Grafik 6.143.** Perbandingan Simpangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Bucharest

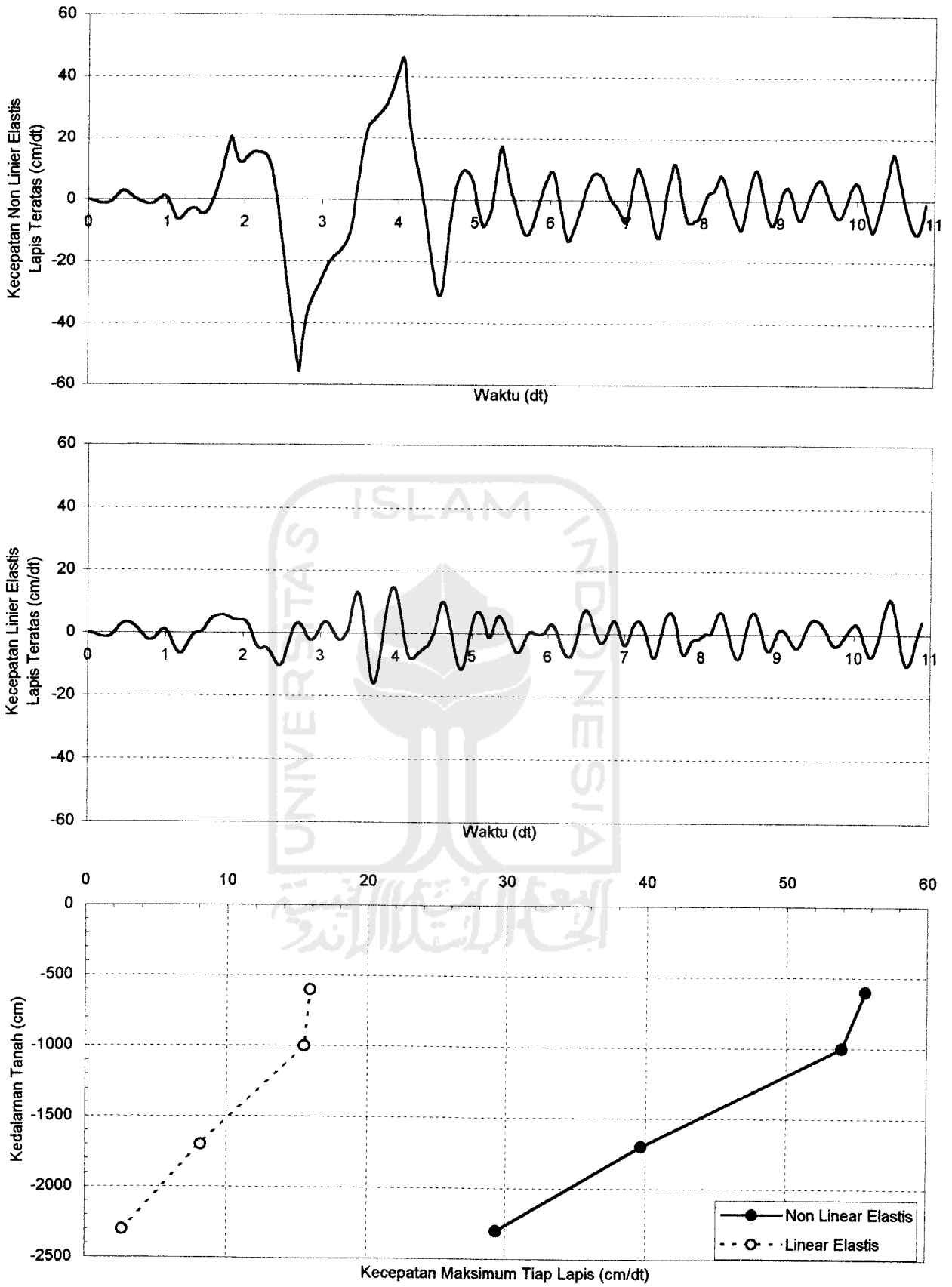


**Grafik 6.144.** Perbandingan Regangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Bucharest

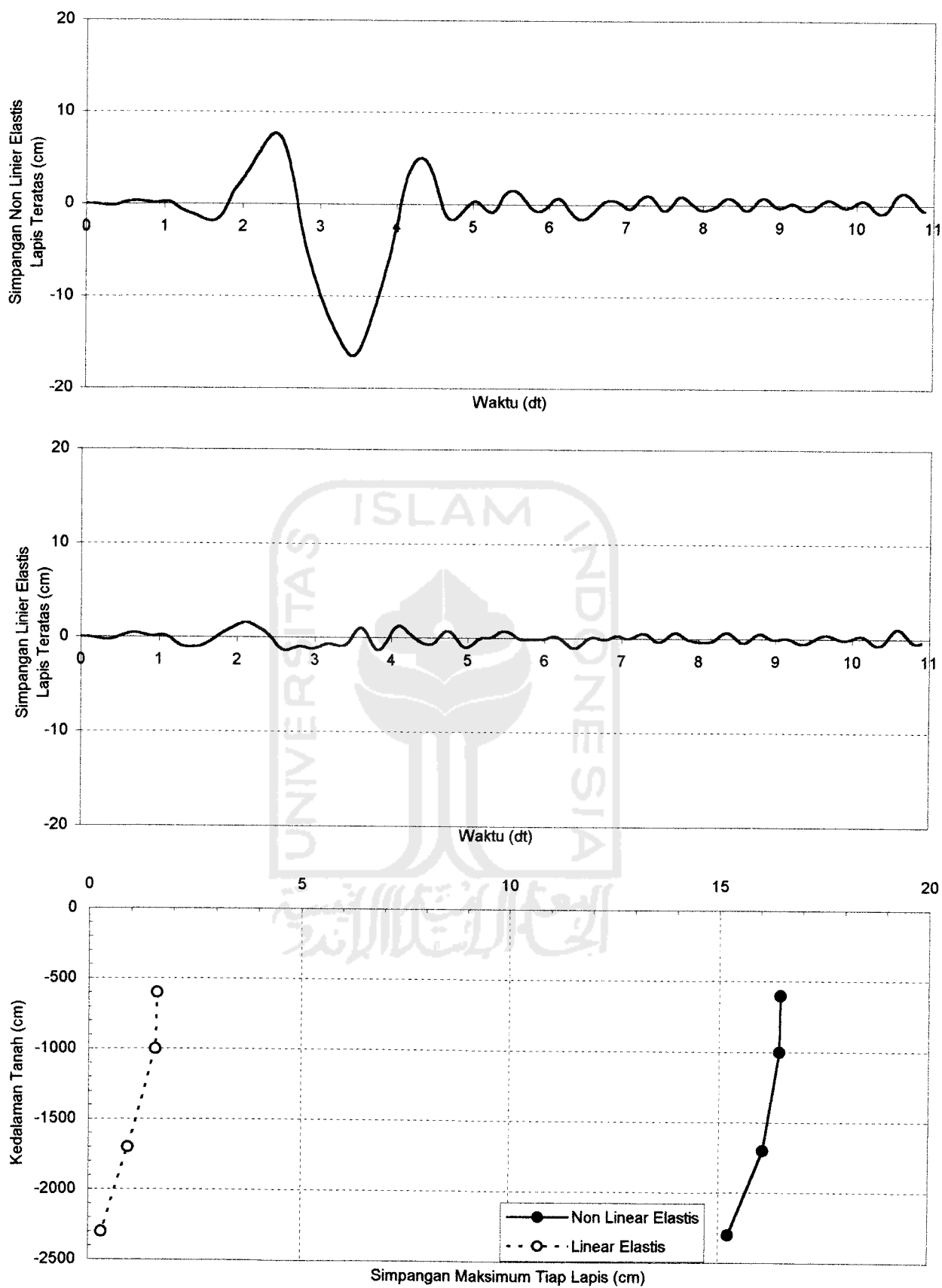


**Grafik 6.145.** Perbandingan Percepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Bucharest

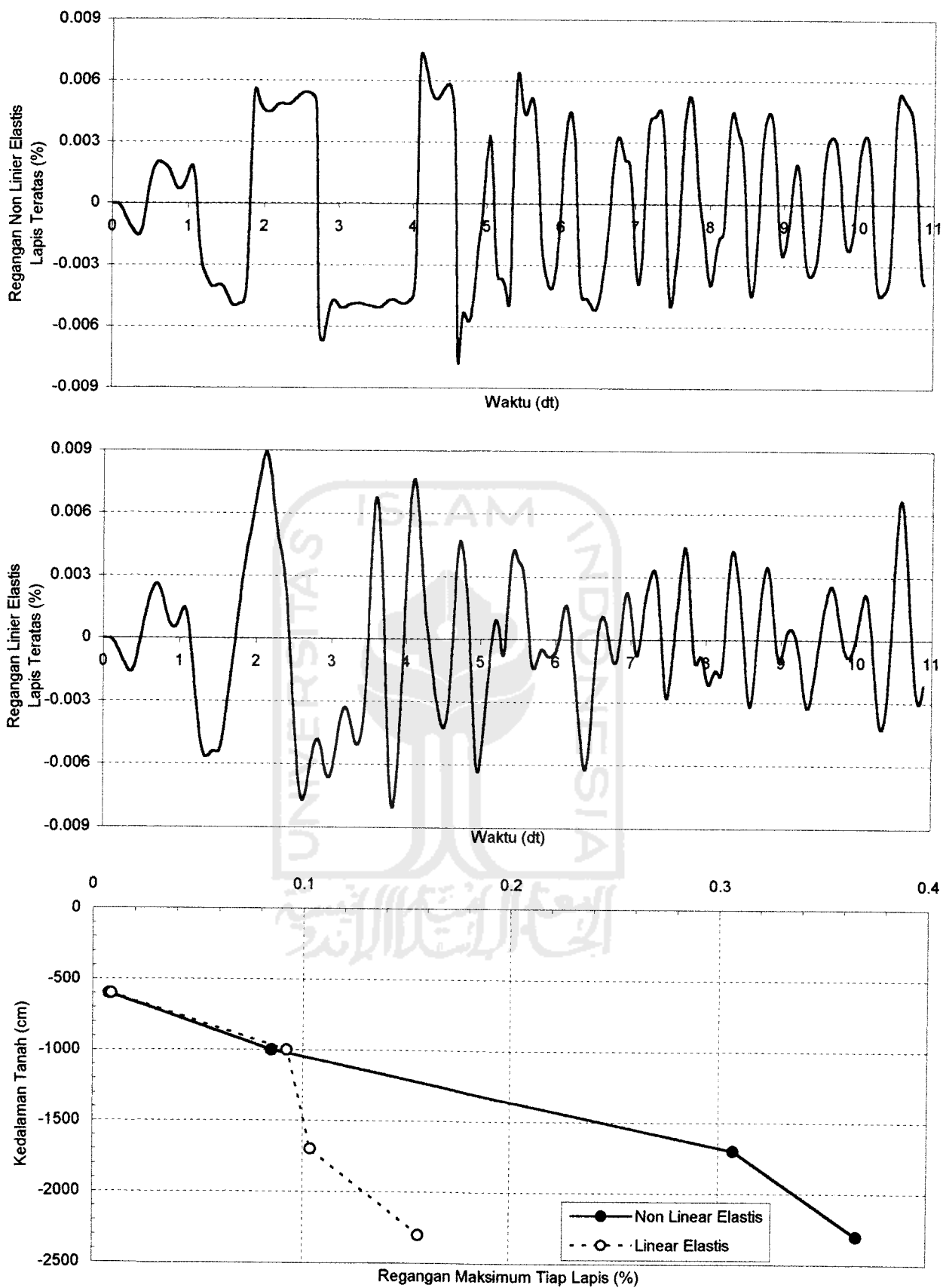




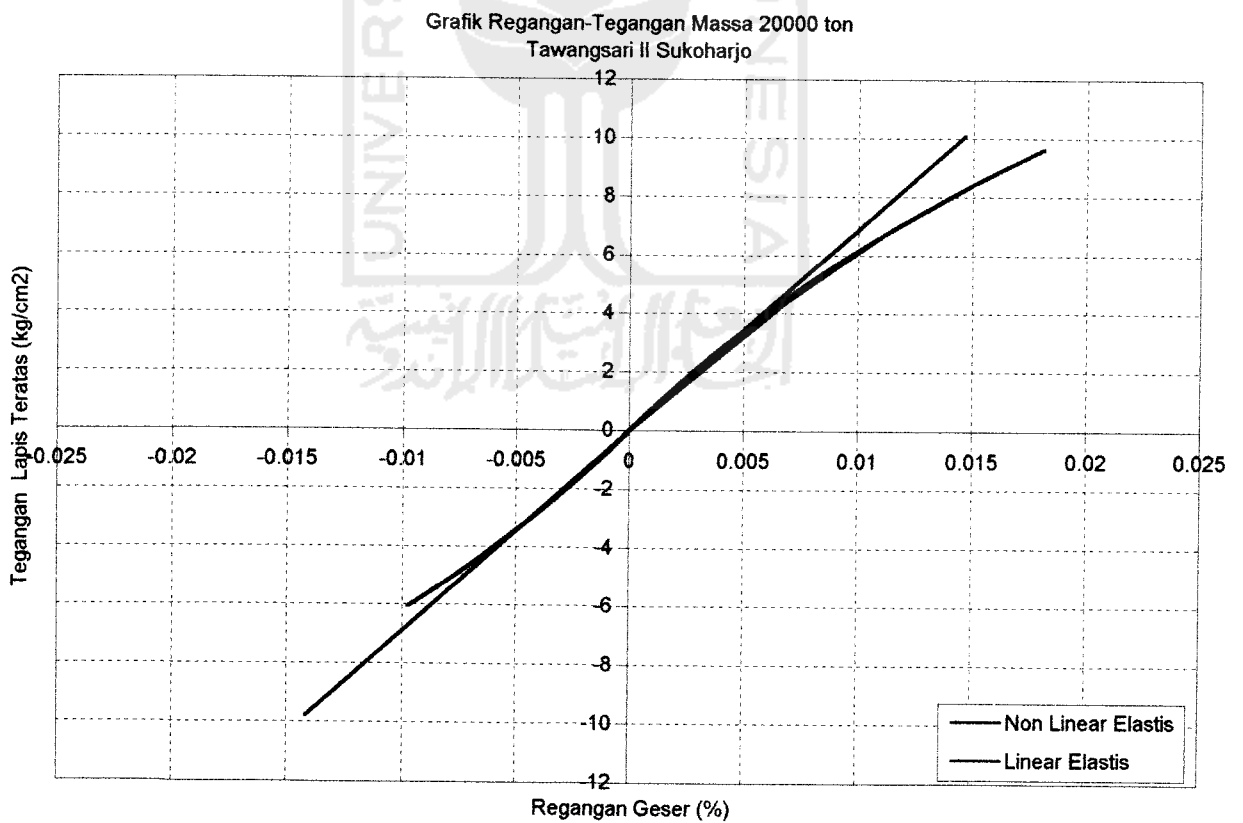
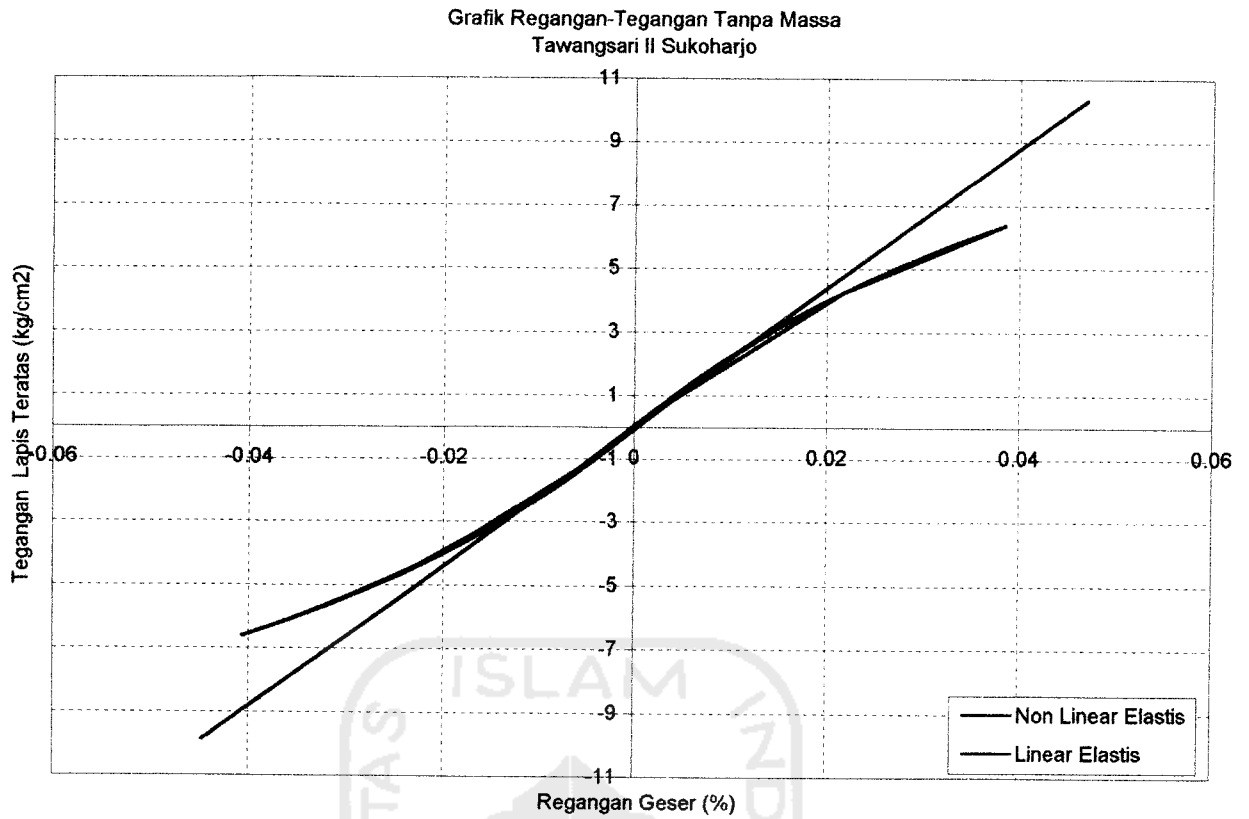
**Grafik 6.146.** Perbandingan Kecepatan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Bucharest



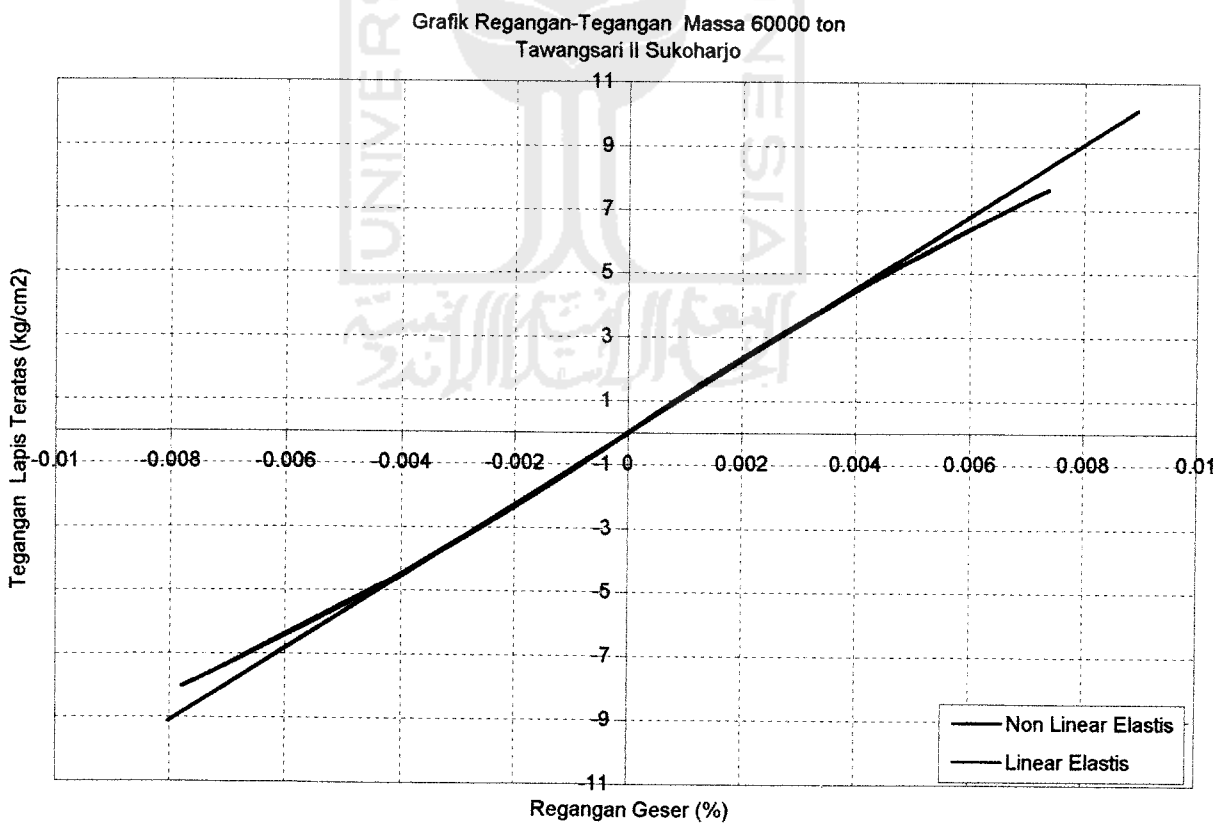
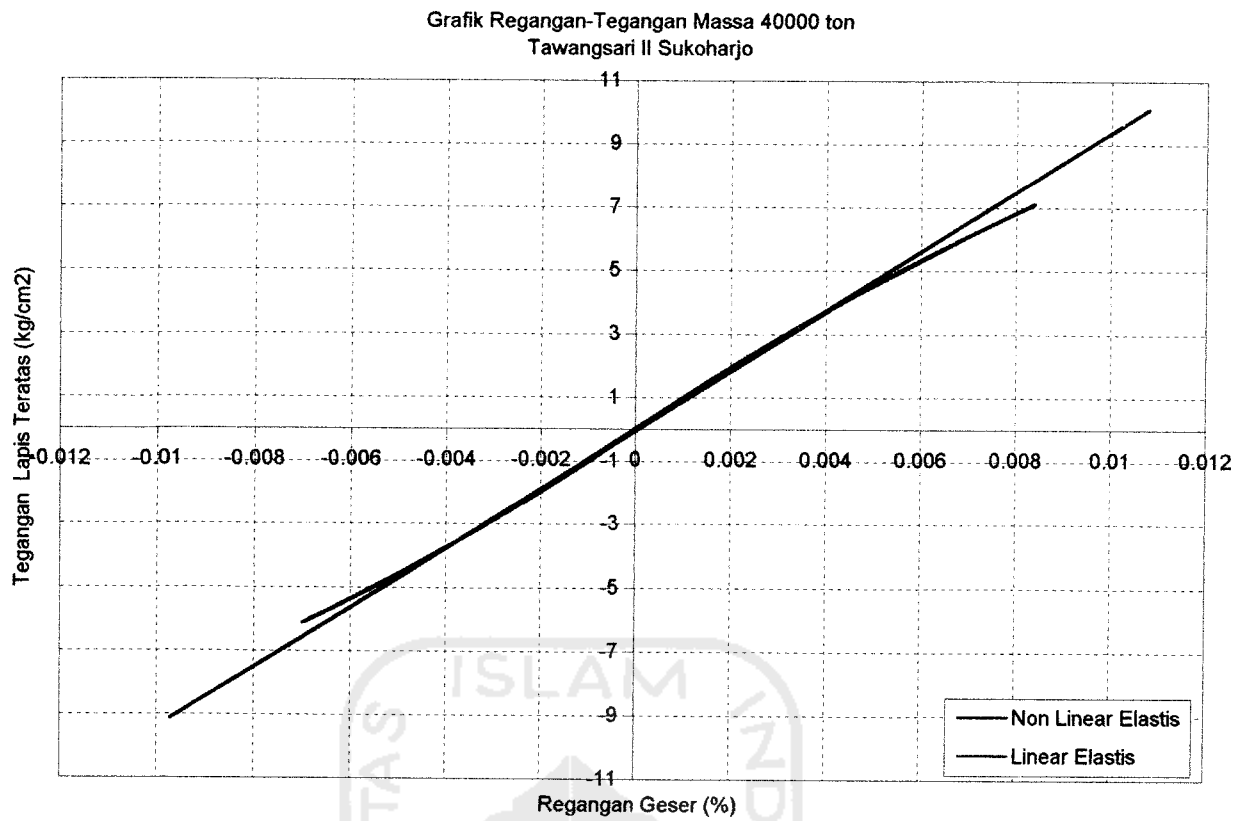
**Grafik 6.147.** Perbandingan Simpangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Bucharest



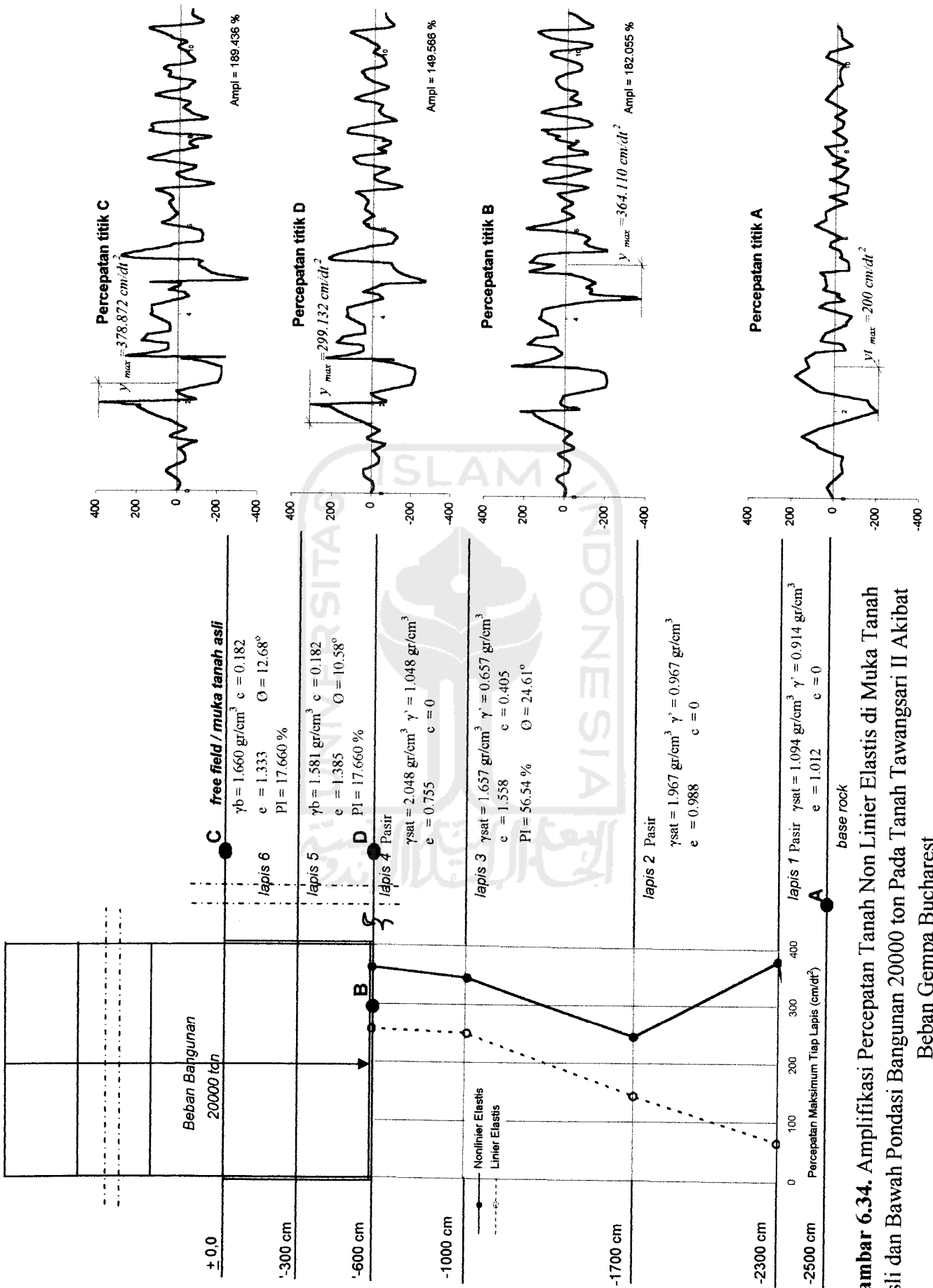
**Grafik 6.148.** Perbandingan Regangan Tanah Non Linier Elastis dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Data Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Bucharest



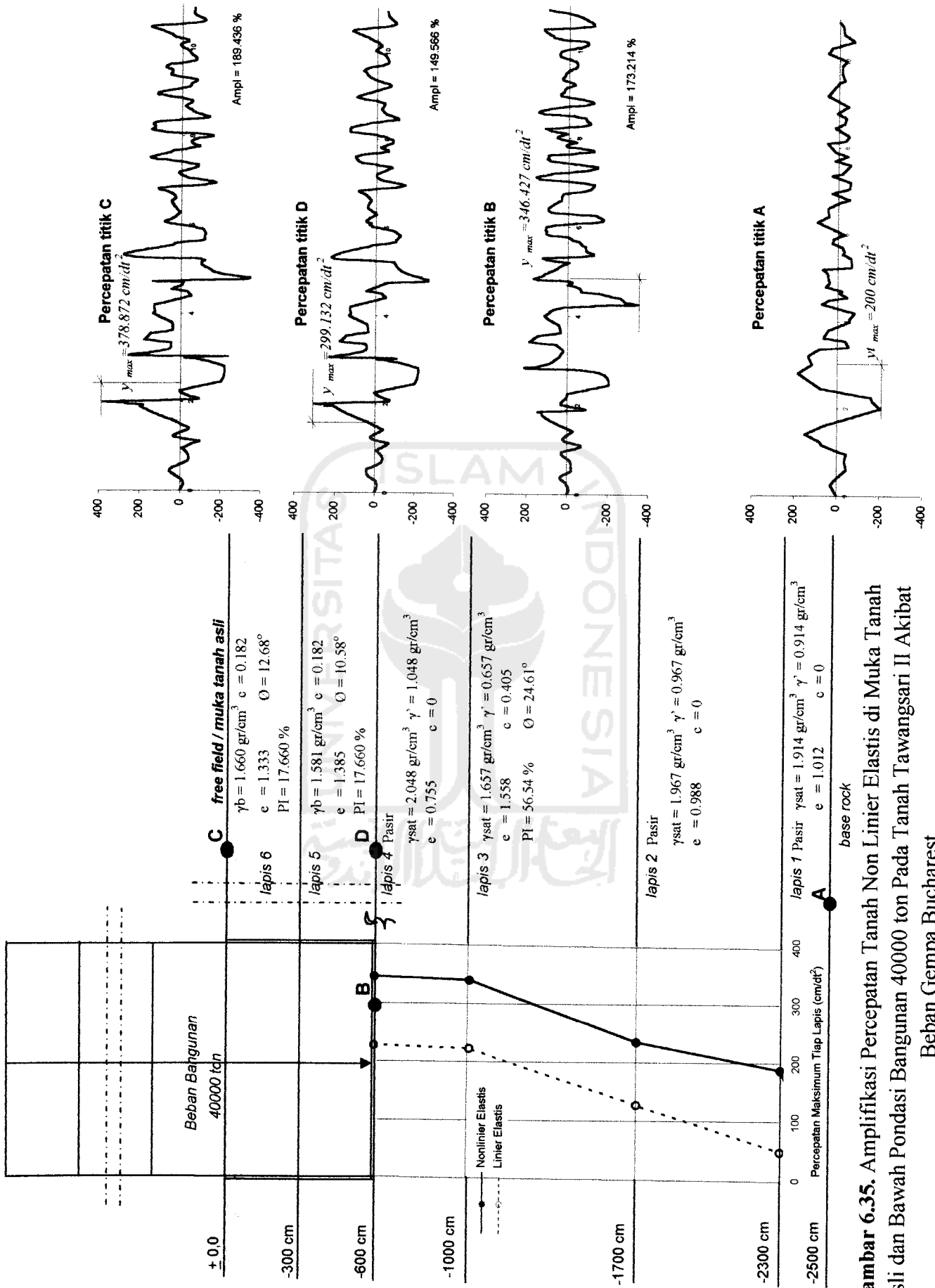
**Grafik 6.149.** Perbandingan Regangan-Tegangan Tanah Non Linier dan Linier Elastis Tanpa Massa dan Dengan Massa Bangunan 20000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Bucharest



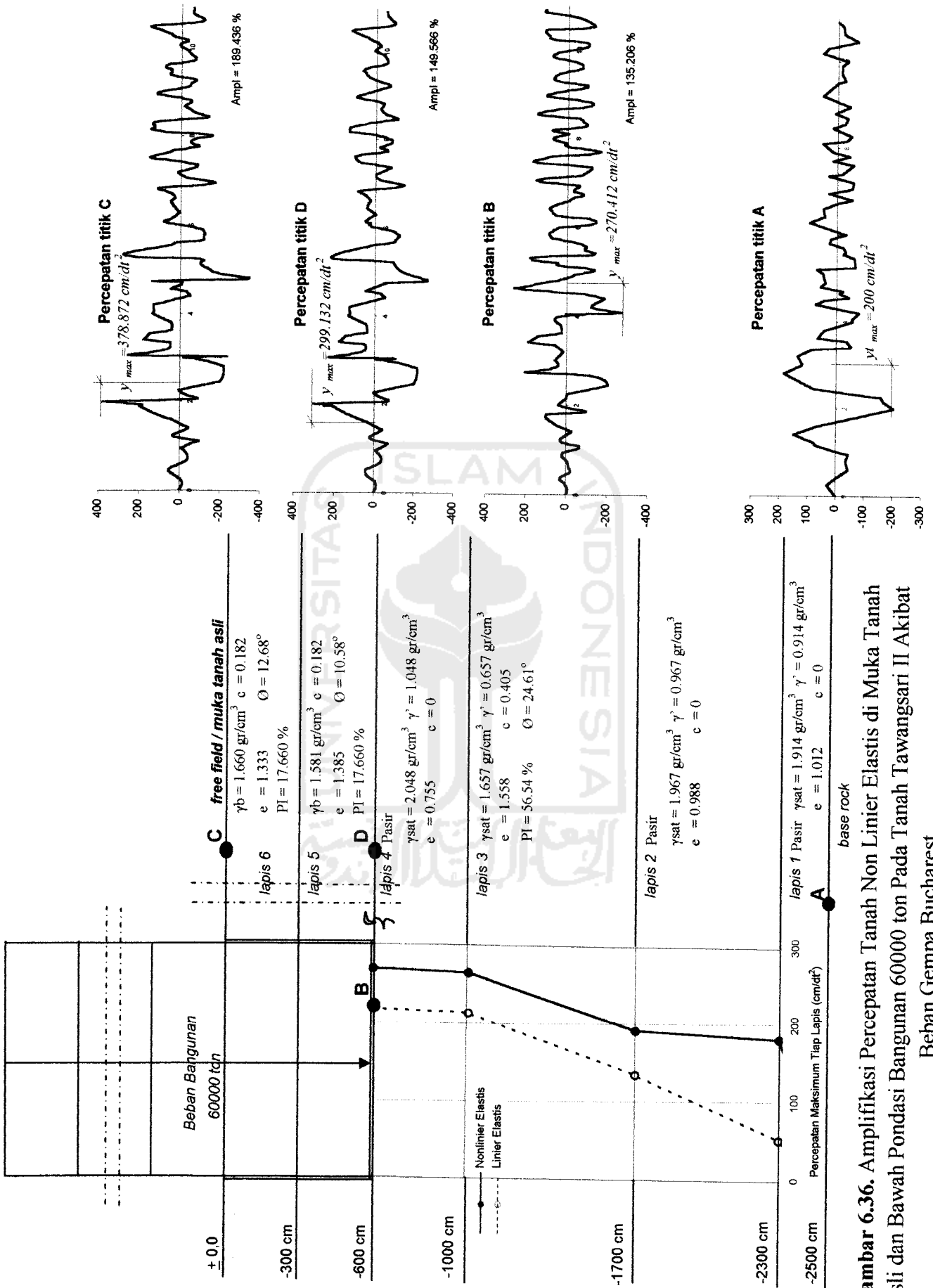
**Grafik 6.150.** Perbandingan Regangan-Tegangan Tanah Non Linier dan Linier Elastis Dengan Massa Bangunan 40000 ton dan 60000 ton Pada Lapis Teratas Untuk Tanah Tawang Sari II Sukoharjo Akibat Gempa Bucharest



**Gambar 6.34.** Amplifikasi Percepatan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 20000 ton Pada Tanah Tawangsari II Akibat Beban Gempa Bucharest

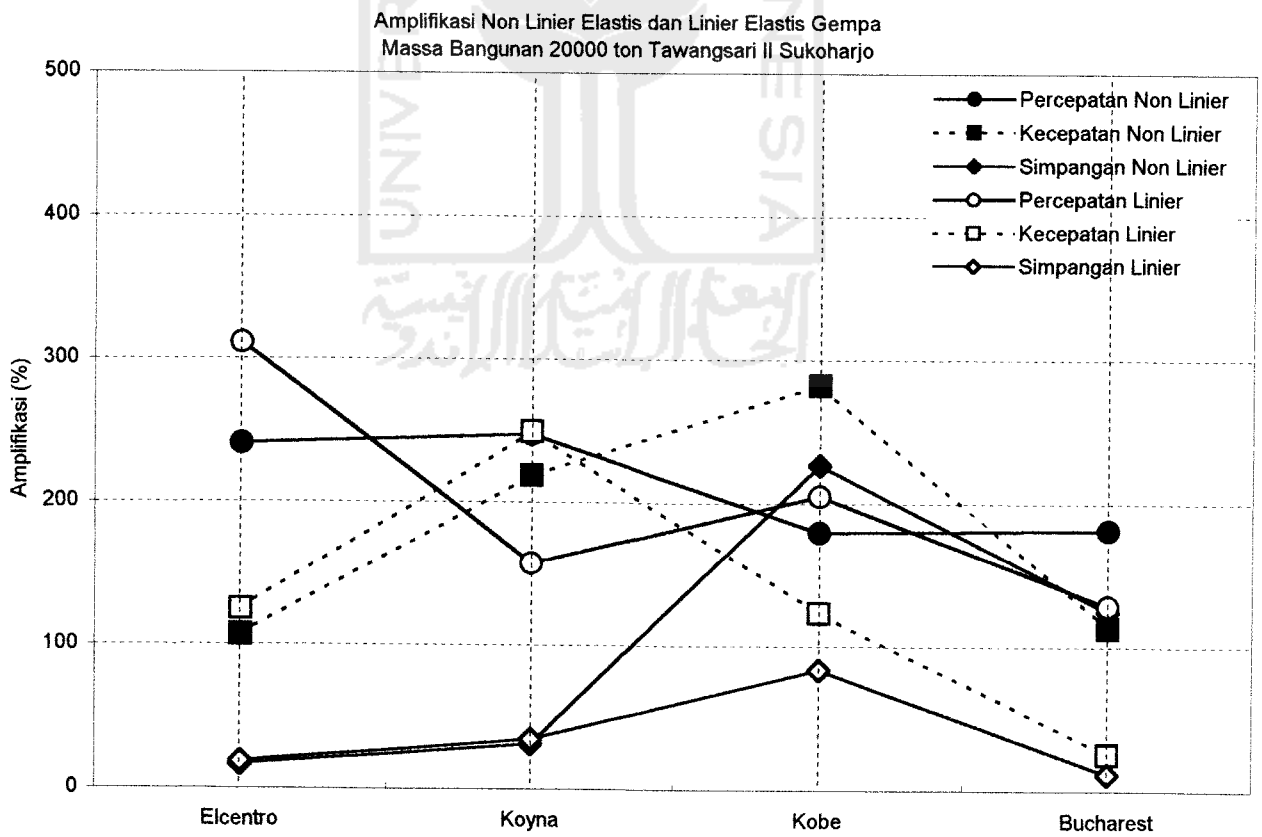
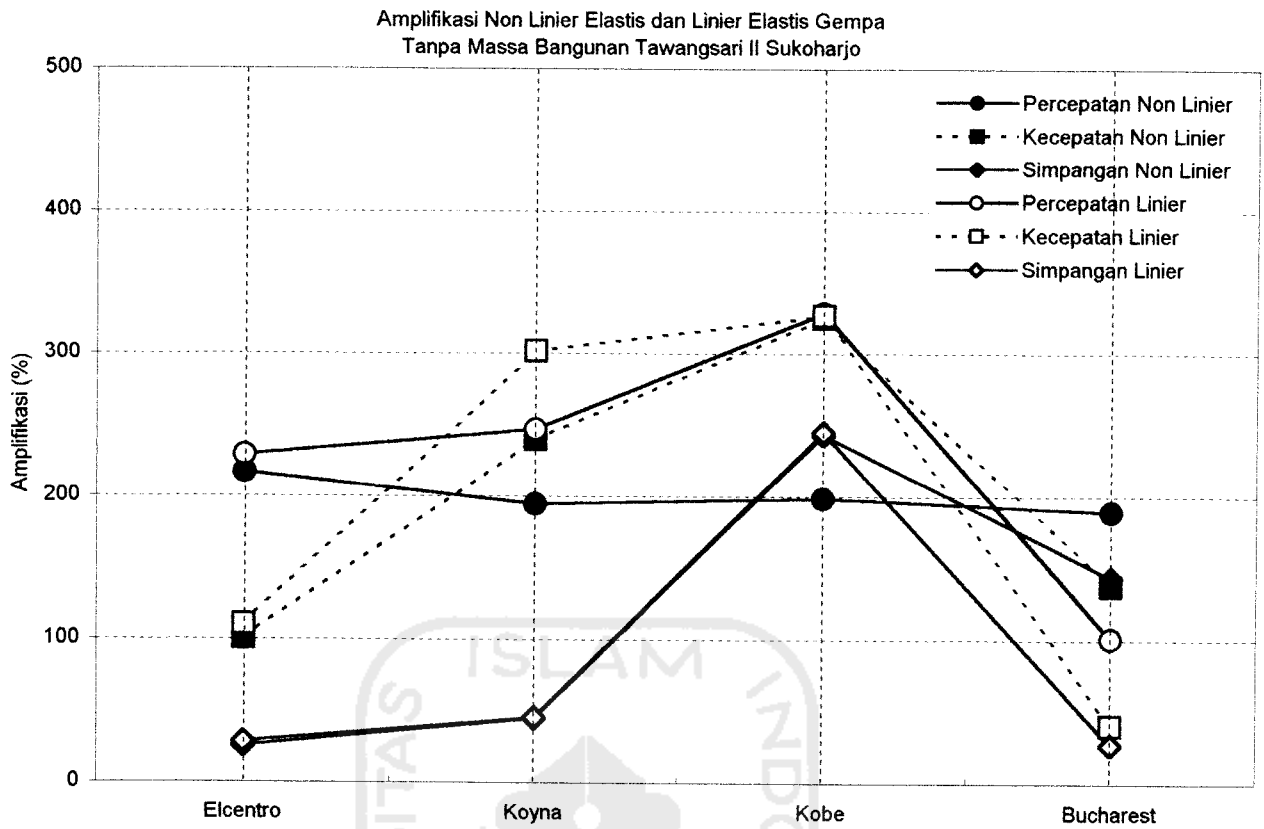


**Gambar 6.35.** Amplifikasi Percepatan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 40000 ton Pada Tanah Tawangsari II Akibat Beban Gempa Bucharest

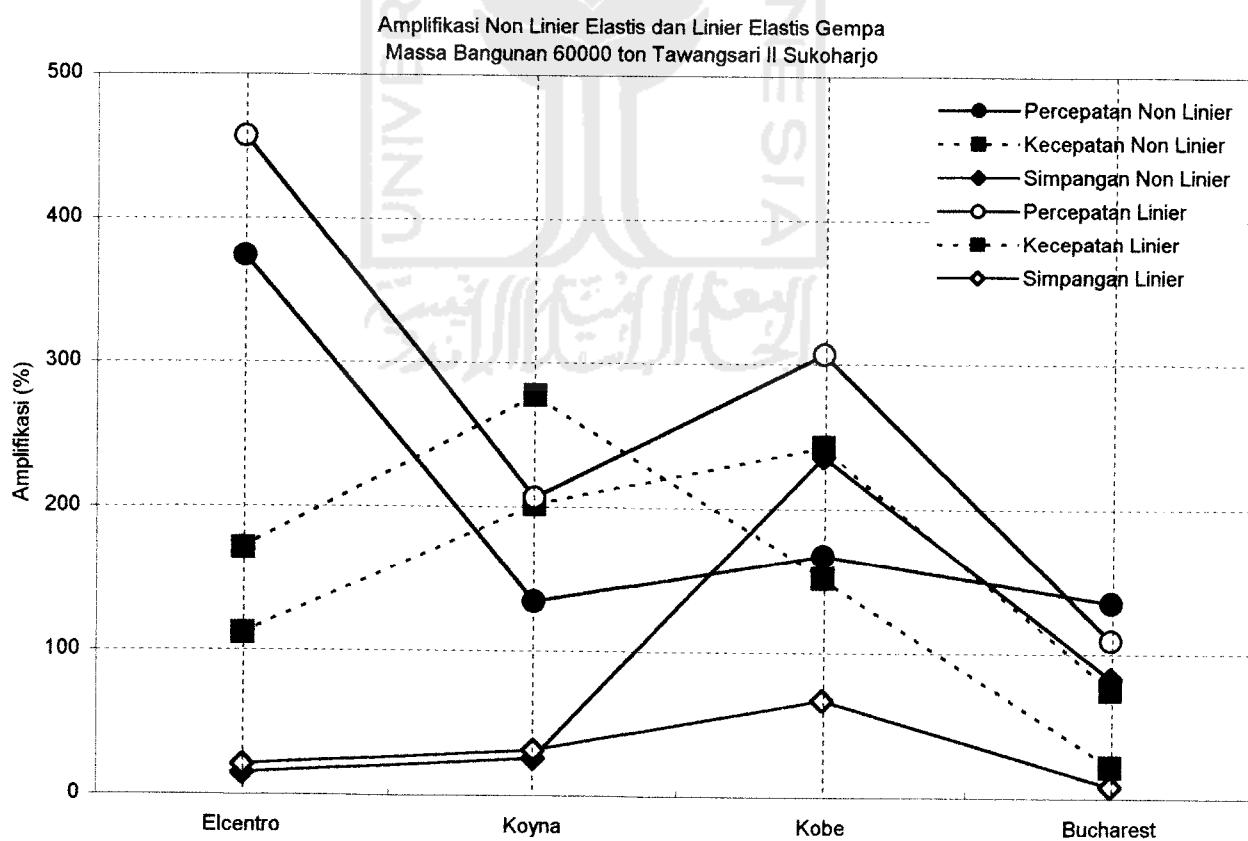
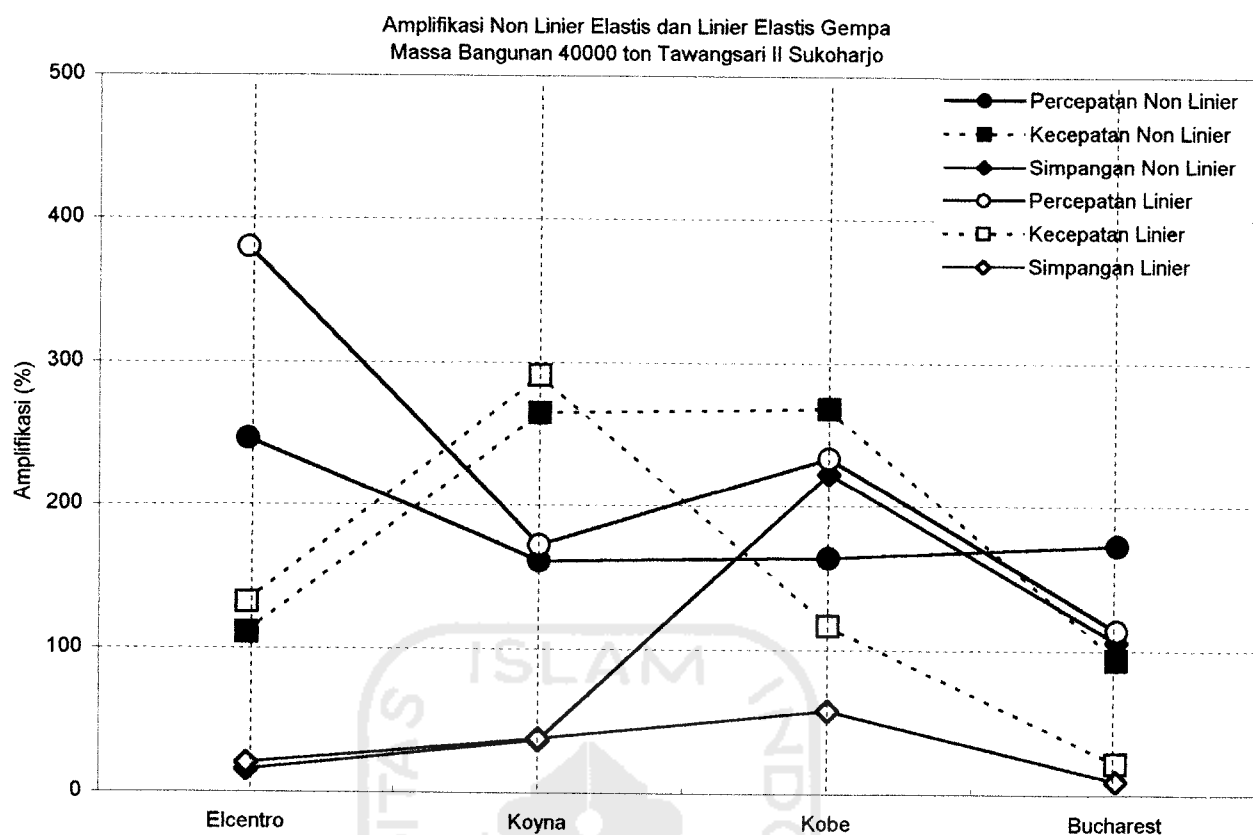


**Gambar 6.36.** Amplifikasi Percepatan Tanah Non Linier Elastis di Muka Tanah Asli dan Bawah Pondasi Bangunan 60000 ton Pada Tanah Tawangsari II Akibat Beban Gempa Bucharest





**Grafik 6.151.** Perbandingan Amplifikasi Percepatan, Kecepatan, dan Simpangan Non Linier dan Linier Elastis Tanah Tawang Sari II Pada Kondisi Tanpa Massa dan Dengan Massa Bangunan 20000 ton Akibat Gempa



**Grafik 6.152.** Perbandingan Amplifikasi Percepatan, Kecepatan, dan Simpangan Non Linier dan Linier Elastis Tanah Tawang Sari II Pada Kondisi Massa Bangunan 40000 ton dan Massa 60000 ton Akibat Gempa